Том VI. Выпуск 1—2.

НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ
ПО САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[Scientific Notes of the Sugar Industry]

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
проф. И. А. Кухаренко

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ
проф. С. Ф. Веселовский, акад. К. Г. Воблый, проф. А. И. Душечкин, проф. И. Е. Душский, проф. В. М. Ландо, проф. И. Б. Минц, инж.-техн. М. И. Нахманович, уч. агр. Г. С. Неводовский, уч. агр. Б. А. Паншин, инж.-техн. А. С. Рейсер, инж.-техн. И. О. Смоленский, проф. Т. Т. Усенко, уч. агр. А. К. Филипповский, проф. М. С. Философов и проф. А. А. Шумилов

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Инж.-техн. Б. Г. Савинов

КИЕВ—1928

ИЗДАНИЕ УКРАИНСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[6 (072) (47.711 К.)

Том VI. **Выпуск 1—2.**

Содержание первого—второго выпуска.

Стр.

От редакции 9

Инж.-техн. Б. Г. Савинов
Новое в вопросе о работе на сушеной свекле. 10

Проф. И. А. Кухаренко
К вопросу об изучении микроструктуры рафинада методом шлифов. 29

Инж.-техн. М. И. Нахманович и И. Ф. Зеликман
Методы определения скорости процесса кристаллизации . . . 32

Инж. К. Ф. Шпаковский
Опыты выжигания уноса от антрацитов 53

Проф. В. М. Ландо
Эпоха возникновения и первоначального развития свеклосахарной промышленности Европы в свете прежних и новейших источников 57

В. П. Черникин
Несколько слов об очистке трубок выпарных аппаратов . . . 63

Инж.-техн. А. К. Карташев и Б. Г. Савинов
О применении производственного рефрактометра К. Цейсса к контролю варки утфеля I-ой кристаллизации 64

Инж.-техн. Г. С. Бенин
К вопросу о консервировании свеклы путем ее высушивания . 68

От Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности 71

Хроника 72

ОБЪЯВЛЕНИЯ.

НАИВЫСШИЙ ЭФФЕКТ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ
ДОСТИГАЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕМ

КАРБОРАФИНА

Дешевизна установки
Экономия места
Опрятная работа

Karbo-Union

Frankfurt a. M. — ГЕРМАНИЯ — Gervinushaus

При заказах просьба ссылаться на „НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ".

От редакции.

С выходом из печати настоящего выпуска Украинский Научно-Исследовательский Институт Сахарной Промышленности начинает издание **шестого тома** Научных Записок. Подводя итоги пятому тому, мы должны с удовлетворением констатировать, что Научные Записки неустанно прогрессируют по пути вовлечения сахарников в научно-исследовательскую работу и изобретательство, публикуя на своих страницах результаты экспериментальных работ и различные практические предложения, исходящие от работников наших сахарных заводов.

Проведенный Институтом Сахарной Промышленности конкурс на лучшую работу, опубликованную в пятом томе, обнаружил те большие возможности, которые открываются в результате развития творческой самодеятельности сотрудников сахарных заводов. Признавая стимулирующее значение этого конкурса для развития инициативы сахаротехников, Институт в настоящее время объявил аналогичный конкурс на лучшую работу, опубликованную в шестом томе Научных Записок.

Укрепление материальной базы Научных Записок позволяет нам перейти с шестого тома на систему оплаты публикуемых статей авторским гонораром в размере 80 руб. за печатный лист. Кроме того, все авторы будут по прежнему получать по пятьдесят оттисков своих статей в отдельных обложках.

Шестой том, аналогично предыдущим, будет иметь объем в 25 печатных листов, и, несмотря на вздорожание издания, подписная цена на шестой том остается прежней. Работы сахарозаводских техников, как экспериментально-научные, так и преследующие чисто практические цели рационализации сахарного производства, будут публиковаться на страницах шестого тома Научных Записок в первую очередь, наравне с работами Института.

Приступая к изданию шестого тома, мы выражаем полную уверенность в том, что наша крепкая связь с работниками заводов в деле поддержки издания наших Научных Записок позволит нам, в тесном контакте со всеми группирующимися вокруг Научных Записок работниками Сахарной Промышленности, осуществлять максимальное развитие этого издания.

Новое в вопросе о работе на сушеной свекле.

Инж.-техн. Б. Г. Савинов.

Идея о высушивании свекловичной стружки перед процессом производства из нее сахара впервые зародилась еще при первоначальных опытах извлечения сахара из свекловицы. В 1747 году в издававшихся в Берлине „Mémoires de l'Académie des Sciences" Marggraf упоминает о том, что из двух фунтов свеклы, изрезанной на маленькие кусочки, он получил высушиванием полфунта сухого вещества, которое дало, после экстракции алкоголем, полунции хорошего сахара. Подобные же опыты сушения свеклы были произведены в 1800 году J. Taylor'ом в Лейпциге, который приготовлял из свекловичных корней длинную стружку и развешивал ее на нитках для высушивания в воздухе, которое продолжалось 10—12 дней. Этот высушенный материал употреблялся затем для извлечения из него сахара. Известный немецкий химик Gotting в 1799 году впервые предложил извлекать сахарный сок из сушеной свеклы при помощи горячей воды, до некоторой степени теоретически обосновав преимущества этого способа перед прессовым способом сокодобывания.

После наполеоновских войн, когда свеклосахарная промышленность Германии почти совсем прекратила свое существование, опыты по высушиванию свеклы и дальнейшей ее переработке также были преданы полному забвению. И только в 1837 году следуют уже упомянутые в нашей литературе опыты Schützenbach'a и, в дальнейшем, его последователей: de Haber, Trobach'a и Weichmann'a.

Schützenbach получал из 100 частей свежей свеклы 17—20 частей сухой, которая, подвергаясь систематическому высолаживанию водой, давала сироп в 36—40 Бр. Выход сахара был 8—8,5 процентов по весу свежей свеклы. В крупном масштабе Schützenbach осуществил производство на сушеной свекле на одном большом заводе в Галиции, вырабатывавшем ежегодно 20.000.000 кгр. рафинированного сахара. Установка состояла из центрального сахарного завода и четырнадцати сушильных станций, расположенных вокруг центрального завода на некотором отдалении. Свекла разрезалась на длинные прямоугольного сечения кусочки, которые располагались на решетках специальных печей и сушились непосредственно топочными газами. В литературе есть указания, что этот способ работы продолжался до 1861 года, не дав, в общем, удовлетворительных результатов в виду теоретической неизученности вопроса.

Необходимо упомянуть также опыты Lafeuille'я, который испытывал втечение четырех лет (1901—1905 г.) различные методы сушения свеклы в Египте, Испании, Италии и Франции. Высушивание производилось солнцем, нагретым воздухом, углекислотой и пр. На рафинадном заводе San-Luis в Барселоне Lafeuille устроил небольшую установку для сушения свеклы в крупном масштабе, но неудачно. Сироп, извлеченный из этой свеклы, был сильно окрашенным и обладал низкой доброкачественностью.

Все дальнейшие опыты в этом направлении, включая и опыты De Vecchis'a, который, казалось бы, разрешил проблему о высушивании свеклы без заметных потерь сахара, до некоторой степени уже получили свое частичное отражение в нашей литературе.

Неудачу большинства предшественников De Vecchis'a C. Scott Garrett объясняет тем, что все эти исследователи, боясь большого разложения сахара, производили сушку при низких температурах (не выше 50—60°). De Vecchis же нашел, что, подвергая стружку втечение некоторого времени температуре 90—100°, можно получить вместе с почти полным

удалением воды также полную коагуляцию белковых веществ, которые в противном случае перешли бы в сок; при этом физические видоизменения белковых веществ становятся тем более значительными, чем более понижается влажность стружки. При 3 процентах воды стружка имеет характерный „оороговелый" вид и может долгое время храниться без разрушения от действия бактерий и плесеней и без изменения содержания сахара. Кроме того, по мнению De Vecchis'a, в клетке происходят физические и физико-химические изменения, которые облегчают извлечение сахара.

Патент De Vecchis'a и практика его работы на сушеной свекле в Viterbo, Loreo и Sanguinetto (Италия) не являются, однако, заключительным фазисом разработки этого вопроса. В настоящее время инициативу в деле дальнейшего всестороннего исследования вопроса о работе на сушеной свекле взяли на себя представители английской промышленности.

Последние года были особенно благоприятны для развития свеклосахарной промышленности внутри самой Великобритании. Этому способствовало повышение урожайности и сахаристости (за 1926 г. в среднем выше 17,0%) и вытекающее отсюда снижение себестоимости вырабатываемого сахара. Одни только цифры за 1925 и 1926 г. дают следующую картину: в 1925 году работало заводов 9, а в 1926 г.—14; площадь свекловичных плантаций в 1925 г. составляла около 56000 акров, а в 1926 г. около 130000 акров; общая продукция сахара за 1925—26 г. была около одного миллиона мц., а в кампанию 1926—27 г. в три раза больше.

Такой заметный прогресс английской свеклосахарной промышленности обратил на себя внимание правительства, которое ассигновало 750 тысяч фунтов стерлингов на улучшение сельскохозяйственного образования и постановку различных исследований, а также миллион фунтов стерлингов на дренажные работы для возможности расширения свекловичной посевной площади.

Дальнейшее строительство свеклосахарных заводов в Англии интенсивно продолжается и промышленники стремятся оборудовать их всеми завоеваниями сахарной техники, имеющими экономический интерес. Так, например, на одном из последних английских заводов Peterborough установлены сгустители Oliver-Borden, непрерывные вакуум-фильтры Oliver'a и высушивание жома отходящими газами. Завод Ely, построенный в 1925 г., оборудован, наряду с диффузией, Steffen'овским способом сокодобывания. Завод Cantley применяет норит для фильтрации соков и т. д.

Отсюда вполне ясно, что работа на сушеной свекле, с ее заманчивыми экономическими преимуществами, особенно привлекла внимание представителей английской сахарной промышленности. Патент на работу по процессу De Vecchis'a был приобретен для всех стран, кроме Италии, английской компанией Home and Colonial Investiments, Ltd во главе с Ch. Cottier, который передал английский патент министерству земледелия и рыболовства с обязательством экспериментально всесторонне исследовать этот вопрос.

Первым следствием последнего обстоятельства явилась посылка министерством особой комиссии в Италию для обследования на месте работы заводов De Vecchis'a[1]). Результаты работ этой комиссии в нашей литературе отчасти освещены, и мы на них здесь не остановимся. Необходимо только повторить, что упомянутая комиссия признала необходимость дальнейших опытов и исследований для установления оптимальных условий процесса и выяснения некоторых теоретических вопросов, которым De Vecchis не дал достаточного обоснования.

С этого момента инициатива в деле дальнейшей проработки вопроса

---

[1]) Интересно отметить, что эта комиссия являлась уже второй. Первая комиссия была послана английским фермерским объединением. Результаты обследования способа De Vecchis'a этой комиссией были благоприятны, но последней не удалось приобрести право для работы по этому патенту.

о работе на сушеной свекле всецело переходит к Англии. Ниже мы постараемся представить в сжатой форме результаты исследований, главным образом, B. Owen'a, а также все главнейшие данные о сушении свеклы и ее переработке, которые отразились за последнее время в английской литературе.

B. Owen руководил опытами, которые были предприняты министерством земледелия и проводились сначала в Оксфордском Institute of Agricultural Engineering, в условиях лабораторной обстановки, а затем были перенесены на только что выстроенную опытную станцию Eynsham, в шести милях от Оксфорда, в главном здании которой была сделана установка для переработки 1200 тонн свеклы в год.

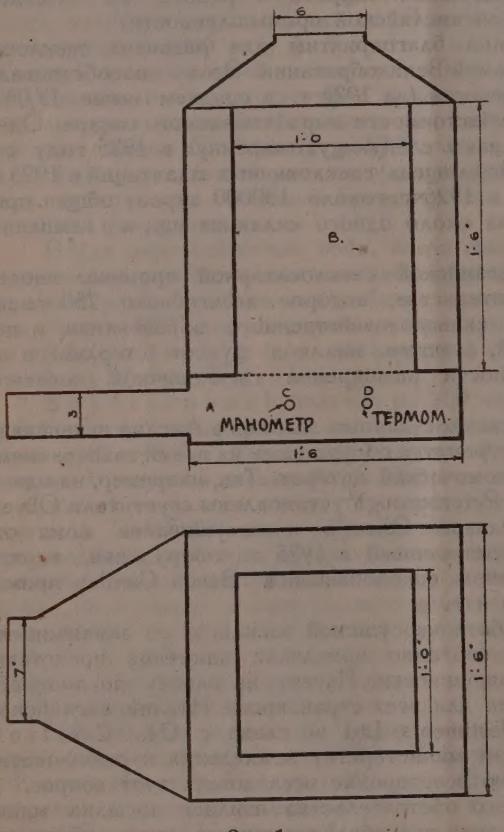


Рис. 1.

Лабораторные опыты B. Owen'a заключались в следующем. B. Owen, прежде всего, определял влияние скорости продувания воздуха на сопротивление постоянного слоя свекловичной стружки, влияние толщины этого слоя стружки на сопротивление, оказываемое им прохождению через него воздуха с постоянной скоростью, и, наконец, влияние влажности стружки на это сопротивление.

Для своих опытов B. Owen сконструировал прибор, устройство которого показано на прилагаемом рисунке 1. Воздух продувается по камере *A* через слой стружки, лежащий на сите. Поперечное сечение камеры *B*, где находится стружка, равно одному квадратному футу. Сопротивление слоя стружки выражалось в дюймах водяного столба, а скорость воздуха в футах в минуту.

Приведенные диаграммы иллюстрируют полученные B. Owen'ом результаты при экспериментировании со свежей свекловичной стружкой, имеющей среднюю длину 2,2 дюйма и поперечное сечение 0,4 × 0,2 дюйма.

Диаграмма 1 показывает зависимость сопротивления постоянных слоев свекловичной стружки в 3, 5, 7, 9 и 11 дюймов от изменения скорости продуваемого воздуха. По оси абсцисс отложены значения скорости воздуха в футах в минуту или, что то же, объема воздуха в кб. фут. в мин.; по оси ординат отложены значения сопротивления в дм. водяного столба. Из диаграммы видно, что при значениях скорости свыше некоторой величины, сопротивление быстро возрастает.

На диаграмме 2 наглядно демонстрируется зависимость между изменением слоя стружки и его сопротивлением при постоянной скорости продуваемого воздуха. По оси абсцисс отложена толщина слоя, по оси ординат—

сопротивление. Как видно из диаграммы, эта зависимость для скоростей в 100, 120, 140, 160 и 190 футов в минуту выражается прямыми линиями. Эти прямые соответствуют общему уравнению $W = KT + O$, где W — сопротивление в дм. и T — толщина слоя в дм.; K и O — коэффициенты. Для различных скоростей воздуха V это уравнение будет иметь такой вид:

для	V = 190	футов в мин.	W = 0,195 T
„	V = 160	„ „ „	W = 0,146 T
„	V = 140	„ „ „	W = 0,116 T
„	V = 120	„ „ „	W = 0,087 T
„	V = 100	„ „ „	W = 0,060 T

Если графически изобразить зависимость V от K, то получается прямая линия, отвечающая уравнению K = 0,0015 V — 0,09. Таким образом, общая формула зависимости сопротивления от скорости и толщины слоя для данных размеров стружки примет такой вид: W = (0,0015 V — —0,09) T.

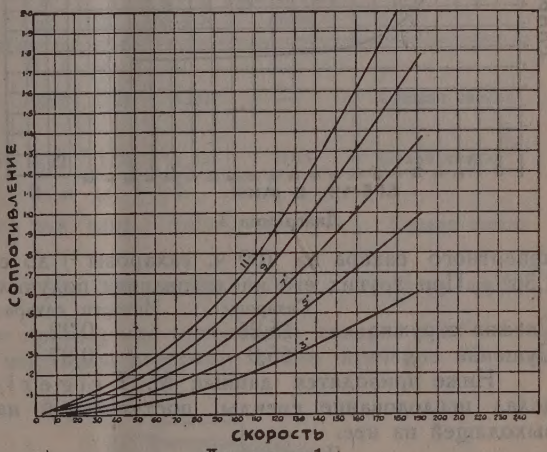


Диаграмма 1.

Далее B. Owen'ом были поставлены опыты по выяснению зависимости между содержанием влаги в стружке и сопротивлением ее слоя при одинаковой скорости продувания воздуха. Для этой цели стружка высушивалась в том же аппарате (рис. 1), при чем влажность уменьшалась от 80 процентов до 3—5 процентов; толщина слоя изменялась от 13,5 до 7,0 дюймов, результаты же были пересчитаны на постоянный слой. Для высушивания был применен воздух, обладающий температурой около 80°, который продувался с постоянной скоростью 110 кб. футов в минуту. Результаты этих экспериментов графически изображены в виде кривой на диаграмме 3. По оси абсцисс здесь отложено время сушения в минутах (и, следовательно, падение влажности), по оси ординат—сопротивление постоянного слоя. Из диаграммы 3 видно, что при прочих равных условиях сопротивление сухой стружки составляет лишь около 35% от сопротивления сырой стружки.

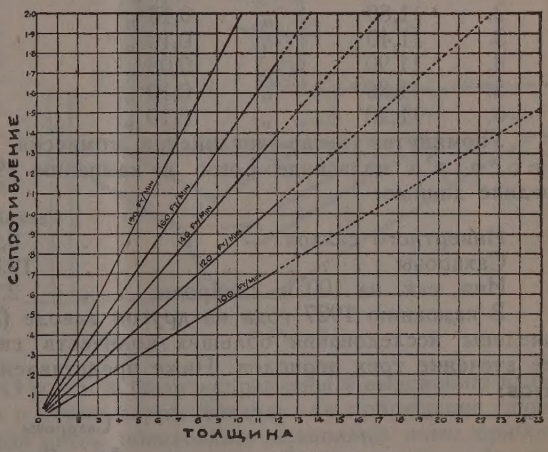


Диаграмма 2.

Наибольшее внимание всех исследователей процесса высушивания свеклы было направлено, конечно, на выяснение тех химических видоизменений составных частей свекловичной стружки, которые имеют место во время ее

сушения. К сожалению, до нас не дошло сведений о разложении сахара путем инверсии и карамелизации при отмеченных выше первоначальных попытках высушивания свеклы, хотя результаты опытов Lafeuille'я свидетельствуют о том, что подобные процессы в действительности происходили.

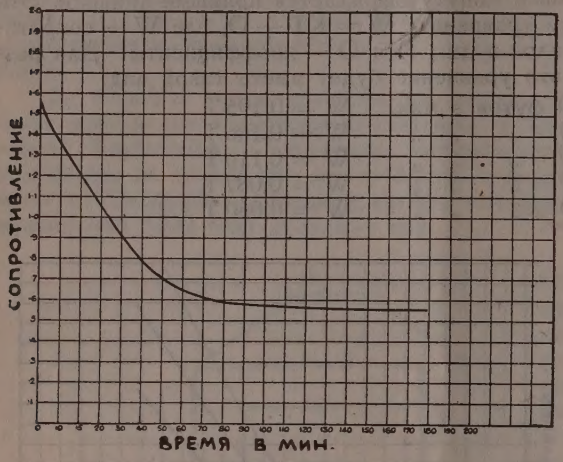


Диаграмма 3.

C. Scott Garrett сообщает, что все исследователи, анализировавшие сушеную по предписаниям De Vecchis'a свеклу, единодушно заявляют об отсутствии потерь сахара через карамелизацию и инверсию. Так, например, Mezzadroli при анализе 166 тонн свеклы получил, в среднем, инвертного сахара на 100 ч. сахарозы [1]) до сушки—1,33%, после сушки—1,36%. При других его исследованиях получилось следующее:

	Сахарозы	Инвертн. сахара.	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы.
Свежая стружка	15,26	0,22	1,44
Сушеная „	65,0	0,87	1,34

Ниже приводятся данные M. Frigerio, который через каждый час делал исследование свеклы, поступающей на сушку De Vecchis'a и выходящей из нее.

	Перед сушкой		После сушки	
	Поляризация	Инв. сах.	Поляризация	Инв. сах.
1.	12,00	меньше 0,10%	61,20	меньше 0,6%
2.	11,80	„ 0,10 „	60,40	„ 0,6 „
3.	11,40	„ 0,10 „	60,86	„ 0,6 „
4.	11,90	„ 0,08 „	61,80	„ 0,6 „
5.	11,86	„ 0,10 „	60,40	„ 0,6 „
6.	11,20	„ 0,10 „	61,20	„ 0,6 „

Упомянутая выше английская комиссия, обследовавшая способ De Vecchis'a на заводе Loreo в кампанию 1924—25 года, получила такие средние данные:

	Свежая свекла	Сухая свекла
Инвертного сахара	0,27	1,2
Сахарозы	12,8	57,5
Инв. сах. на 100 ч. сахарозы . .	2,11	2,10

В кампанию 1927 года на другом заводе (Sanguinetto) были также произведены исследования больших количеств свеклы перед сушкой и после нее втечение трех периодов. Ниже представлена сводка полученных результатов:

	Сахарозы		Инв. сах.		Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	
	До	После	До	После	До	После
1 период (223,3 тонны св.)	17,2	65,9	0,12	0,47	0,69	0,71
2 „ (96,2 „ „)	16,2	64,8	0,27	1,10	1,66	1,69
3 „ (687,0 „ „)	16,6	66,1	0,28	1,10	1,68	1,66
Среднее	16,9	66,0	0,21	0,84	1,24	1,27

[1]) Увеличением отношения количества инвертного сахара к количеству сахарозы, выраженного в процентах, все исследователи сушеной свеклы измеряют накопление инвертного сахара во время процесса сушки.

Лабораторные опыты по определению разложения сахара во время сушения свеклы были произведены также B. Owen'ом. Для проведения опытов B. Owen пользовался тем же прибором, который описан нами выше (рис. 1). Сушение производилось по предписаниям De Vecchis'a, т. е. в две стадии: 1) удаление влаги от 80 до 5% при начальной температуре воздуха 120° и 2) нагревание сушеного материала при 100° втечение некоторого периода времени. Результаты сведены в таблице 1.

Таблица 1.

Время в мин.	Ср. темп. входящего воздуха	Ср. темп. выходящего воздуха	Максимальн. т-ра	Сахарозы %	Влаги %	Инв. сах. %	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	Увеличение кол. инв. сахара на 100 ч. сахарозы	Примечание
				О п ы т 1					
22	124	42	134	16,7	79,62	0,25	1,50	—	Свежая свекла
35	127	56	128						
40	100	74	102						
100	88	83	88	68,0	4,92	1,04	1,53	0,03	Сухая свекла
				О п ы т 2					
21	130	45	—	15,6	76,8	0,071	0,457	—	Свежая свекла
34	119	60	—						
40	100	73	—						
93	90	84	—	61,7	5,4	0,30	0,486	0,029	Сухая свекла

Из таблицы 1 видно, что приращение инвертного сахара в обоих случаях ничтожно. Свекла была высушена в первом опыте втечение 97 минут, во втором—188 минут.

Цветность полученной B. Owen'ом сухой стружки оказалась несколько неудовлетворительной. Чтобы избежать этого, автор поставил соответствующие эксперименты по применению серы при высушивании свеклы. При этом обнаружилось, что если сжигать серу в количестве 2 фунтов на тонну свежей свеклы и получающийся сернистый газ продувать вместе с горячим воздухом через высушиваемую стружку, то сухая стружка приобретает белый цвет, причем заметно повышенного разложения сахара не наблюдается.

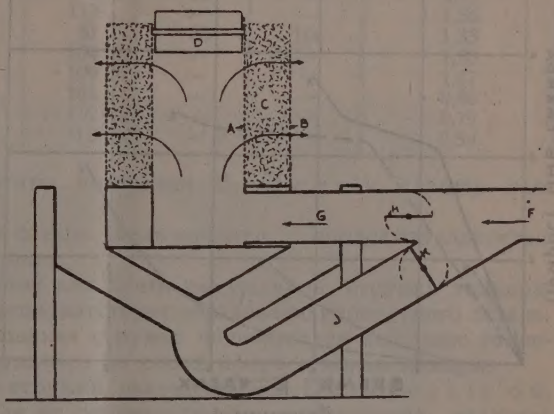


Рис. 2.

Следующие опыты B. Owen'a были направлены к выяснению влияния продолжительности сушения и температуры воздуха на приращение инвертного сахара. Для этих опытов автор пользовался несколько иным прибором, приспособленным для, так называемого, „массового" сушения, устройство которого изображено на рис. 2. На этом рисунке *A* и *B* изображает внутренний и внешний цилиндры из проволочной сетки, образующие кольцевую камеру *C*, которая наполнялась стружкой. В следующей таблице 2 приводятся результаты трех опытов.

При рассмотрении данных, представленных в таблице 2, видно, что в опытах 1 и 2, при приблизительно одинаковой температуре входящего воз-

Таблица 2.

№ опыта	Продолжительность сушения в мин.	Температура входящего воздуха	Максимальная температура	Сырая свекла			Сухая свекла			Увеличение количества инв. сах. на 100 ч. сахарозы
				Сх.	Инв. сах.	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	Сх.	Инв. сах.	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	
1	160	120	138	16,0	0,190	1,187	63,8	0,838	1,313	0,126
2	270	122	132	15,0	0,310	2,100	68,0	2,190	3,200	1,100
3	320	100	104	16,7	0,092	0,550	56,6	0,702	1,240	0,690

духа, приращение инвертного сахара увеличивается с увеличением продолжительности высушивания. В опыте 3 продолжительность высушивания еще больше, но температура ниже. Поэтому приращение инвертного сахара получилось меньшим, чем во втором опыте.

Лабораторные опыты дали настолько благоприятные результаты, что B. O w e n последующие свои эксперименты перенес в заводские условия на опытную станцию Eynsham. Там он испытывал три вида массового сушения: 1) в кольцеобразных камерах; 2) на пасовых транспортерах (конвейерах), передвигающих свеклу во время сушения, и 3) на лотках.

Кольцеобразные камеры на опытной станции Eynsham были устроены по принципу прибора, изображенного на рис. 2. B. O w e n проделал несколько серий опытов сушения в этих камерах при различных условиях. В ниже помещенной диаграмме 4 приводятся в графическом изображении результаты этих опытов. По оси абсцисс отложено время в часах, втечение которого стружка приобретала температуру горячего воздуха, т. е. время фактического сушения. По оси ординат отложено увеличение количества инвертного сахара на 100 частей сахарозы.

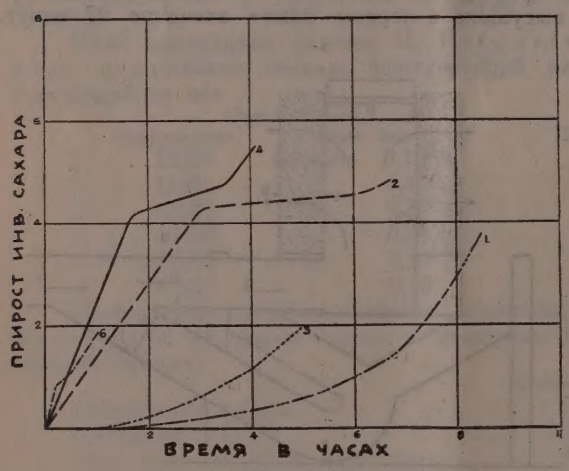


Диаграмма 4.

Кривая 1 относится к первой серии предварительных опытов при толщине слоя стружки 26 дм., средней температуре воздуха 91° и скорости его 218,7 футов в минуту. Однако, химические результаты этих опытов оказались неудовлетворительными, и в следующей серии опытов (кривая 2) продолжительность процесса сушения была уменьшена путем увеличения объема продуваемого воздуха. Скорость воздуха увеличилась до 313,7 футов в минуту, температура воздуха была немного понижена (в среднем, до 81°) и расстояние между стенками камеры (слой свеклы) было уменьшено до 19 дюймов. Прирост инвертного сахара при этой серии опытов оказался более значительным, но автор приписывает это обстоятельство действию серы, так как стружка перед сушением сульфитировалась.

Кривая 3 относится к серии опытов, во время которых употреблялась заслонка *D* (см. рис. 2), опускаемая вниз по мере опускания высушивающейся свеклы и, таким образом, способствовавшая лучшей утилизации тепла. Это обстоятельство значительно сократило продолжительность высушивания.

Температура воздуха при этих опытах была 86°; поэтому прирост инвертного сахара оказался незначительным.

Кривая 4 соответствует опытам, при которых производилась непрерывная загрузка стружки сверху камеры и выгрузка снизу; благодаря этому, скорость высушивания увеличилась, но высокая температура воздуха, равная, в среднем, 97°, была причиной интенсивного накопления инвертного сахара.

Кривая 6 получена при опытах со слоем свеклы, уменьшенным до 9 дюймов. Процесс высушивания при этом продолжался, в среднем, всего 1,5 часа.

Опыты сушения свекловичной стружки в кольцеобразных камерах показали, таким образом, что при известных условиях температуры, продолжительности и толщины слоя могут получиться вполне удовлетворительные результаты массового сушения в заводском масштабе.

Дальнейшие опыты были произведены с транспортерной сушкой, построенной по образцу сушки, применяемой De Vecchis'ом, с 5 расположенными один под другим пассовыми транспортерами, двигающимися с различной скоростью. Сушение производилось с различной форсировкой, достигаемой изменением объема воздуха и толщины слоя стружки. Результаты этих опытов сведены в таблице 3.

Таблица 3.

Продолжительность сушения	Температура					Увеличение кол. инвертного сахара на 100 ч. сахарозы
	на 1-ом пасе	на 2-ом пасе	на 3-м пасе	на 4-м пасе	на 5-м пасе	
2 ч. 45 м.	67	90	101	102	107	2,33
2 ч. 30 м.	43	88	99	99	99	2,17
2 ч.	57	94	112	—	—	1,56
1 ч. 40 м.	47	66	81	88	104	1,33
1 ч. 20 м.	66	88	104	—	—	1,50
1 ч.	59	85	109	—	—	1,27
55 м.	55	94	104	—	—	0,86
50 м.	53	94	112	—	—	0,79
45 м.	51	74	112	—	—	0,59

Вышеприведенные результаты позволили B. Owen'y сделать следующие заключения:

1. Накопление инвертного сахара увеличивается с продолжительностью сушения на транспортерных сушках.

2. Если при уже высушенной или почти высушенной стружке температура превышает 100°, то это благоприятствует образованию инвертного сахара.

3. Если совершенно высушенная стружка подвергается действию температуры от 110° до 130°, то это влечет за собой процесс карамелизации.

4. Вторая стадия сушения стружки, рекомендуемая De Vecchis'ом, то-есть, нагревание свеклы после ее окончательного высушивания, является излишней (подробнее об этом дальше).

5. Значительное уменьшение продолжительности процесса высушивания можно получить при употреблении стружки, нарезанной 7,2 мм. ножами Faitière, вместо 10 мм. ножей Napravil'я.

Все вышеописанные результаты опытов сушения свеклы лишний раз подчеркивают общие требования для того, чтобы процесс высушивания протекал с минимальным разложением сахара. Эти требования заключаются в возможном сокращении продолжительности сушки и применении умеренных температур сушения. Транспортерная сушка наряду с этими преимуществами имеет крупный недостаток, заключающийся в низком тепловом коэффициенте полезного действия, так как воздух, проходя через стружку, ни разу не подогревается. Это обстоятельство побудило B. Owen'a сконструировать

новый тип сушки, которая могла бы оказаться выгодной на практике. Этот новый тип сушки основан на принципе высушивания на лотках.

Устройство лоточной сушки (tray drier) показано на рис. 3 и перспективный вид ее со стороны выгрузки на рис. 4. Сушка состоит из наклонной рамы, на которой расположено пять лотков, передвигаемых во время сушения от *A*, где производится загрузка, к *B*, где высушенная стружка выгружается.

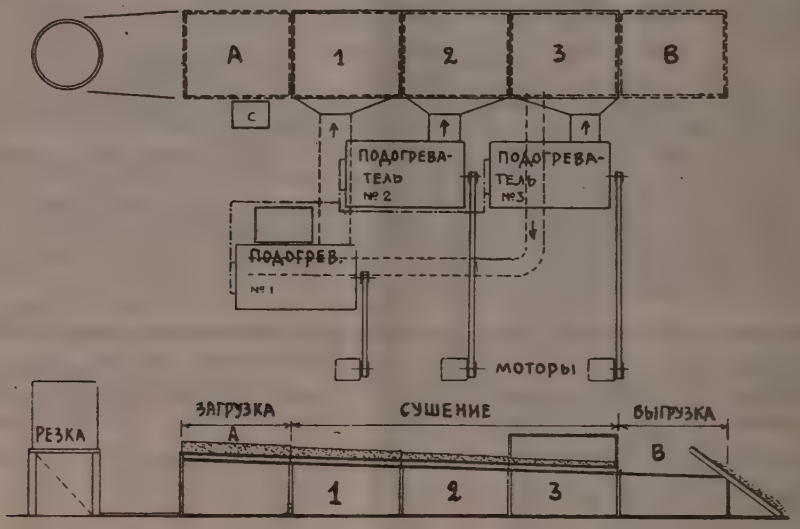


Рис. 3.

Рис. 4.

Лотки представляют из себя дубовые рамы с поверхностью в 48 кв. футов каждая и с дном из проволочной сетки. Самый процесс сушения производится над камерами 1, 2, 3, в которые из отдельных подогревателей вдувается

горячий воздух. Отработанный воздух из камеры 3 поступает опять в первый подогреватель.

Средние анализы сырой и сухой свеклы за три недели работы на сушке этой системы приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Сырая свекла			Сухая свекла		
Сх.	Инв. сахара	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	Сх.	Инв. сахара	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы
17,00	0,04	0,24	64,00	0,16	0,25
16,53	0,05	0,30	65,40	0,25	0,38
16,55	следы	—	64,50	0,15	0,23
15,90	следы	—	52,60	0,23	0,44

В таблице 5 представлены все прочие данные из типичного примера сушения на лоточной сушке.

Таблица 5.

Время час. мин.	Температура входящего воздуха	Температура выходящего воздуха	Толщина слоя стружки дм.	Объем воздуха кб. футов в минуту	Скорость воздуха в фут. в минуту	Сопротивл. слоя стружки в дм. в. с.	Когда передвинут лоток в след. кам.
Камера 1							
[1])							
10.25	113	35	8,5				
10.30	115	36					
10.35	110	37					
10.40	105			6,350	132,3	1,4	
10.45	104	36					
10.50	104	36					
10.55	103	36					
11.00	103	36					
11.05	104	36	5,5				11.07
Камера 2							
11.15	93		5,5				
11.20	95						
11.25	95						
11.30	96			6,450	134	0,35	
11.35	94						
11.40	93						
11.45	92		4,75				11.45
Камера 3							
11.50	92		4,75				
11.55	93						
12.00	96			13,000	270	1,0	
12.05	82						
12.10	81						
12.15	81						
12.20	85		4,25				12.20

Заключения, которые можно вывести из опыта сушения свекловичной стружки на лотках, сводятся, опять же, прежде всего к тому, что накопление инвертного сахара является функцией продолжительности процесса сушения. Приращение инвертного сахара становится наиболее интенсивным в то время, когда стружка содержит уже незначительное количество влаги (менее 20%).

Приведенными данными исчерпываются имеющиеся в английской литературе сведения о разложении сахара при лабораторных и заводских опытах сушения свекловичной стружки. Причиной этих потерь является действие высокой температуры и содержащихся в свекловичном соке органических кислот, концентрация которых по мере сушения увеличивается. Эти факторы влекут за собой процессы карамелизации и инверсии. Кроме того, при сушении свекловичной стружки имеет место явление энзиматической инверсии под влиянием инвертазы. Влажный материал, обладающий слабой кислотностью и высушиваемый горячим воздухом, представляет из себя благоприятную среду для развития активности энзим и микроорганизмов, что влечет за собой разложение сахарозы. Экспериментально установлено, что оптимальными условиями для интенсивности этих процессов являются температурные пределы от 30 до 55°.

[1]) Процесс высушивания начался в 10 ч. 20 м.

Разложение сахарозы тем или иным путем во время процесса сушения свеклы представляет из себя, конечно, явление нежелательное. Но среди реакций, имеющих место при этом процессе, есть такие, которые в будущем влекут за собой благоприятные последствия. Так, например, некоторые органические вещества, преимущественно белковые, под действием высокой температуры переходят в нерастворимое состояние и при высолаживании стружки не попадают в сок; с другой же стороны, оставаясь в жоме, они увеличивают его питательное достоинство.

De Vecchis утверждает, что коагуляция белковых веществ происходит только при продолжительном влиянии воздуха с температурой 100° на высушенную стружку. Отсюда он самый метод сушения, как уже упоминалось выше, разделяет на два приема: выпаривание воды и нагревание уже высушенной стружки. Опыты же B. Owen'a не подтвердили этого положения. В таблице 6 приведены средние данные анализов, полученные B. Owen'ом при одинарном и двойном способе сушения. В этой таблице данные для жома и сиропа выражены по весу сушеного материала. Общий азот был определен по Kjeldahl'ю и белковый азот по Barnstein-Stützer'y.

Таблица 6.

Метод сушения	Сушеная свекла			Жом			Сироп		% белкового азота, оставшегося в жоме
	Общий азот	Белковый азот	Амиды, NH_3 и др.	Общий азот	Белковый азот	Амиды, NH_3 и др.	Общий азот	Белковый азот	
В один прием	4,735	2,430	1,814	—	2,191	0,300	2,012	—	89,3
	5,763	3,324	1,342	3,675	2,865	1,837	2,065	0,454	86,1
	5,668	3,080	2,595	3,082	2,923	—	2,625	—	94,9
В два приема	4,870	2,479	—	2,852	2,330	—	1,894	—	93,9
Свекла из Loreo, 1925 г.	4,536	3,007	1,414	2,296	2,231	—	—	—	74,1

Из этих опытов видно, что при сушении в один прием в жоме остается, в среднем, 90,1 процента коагулирующих азотистых веществ. При сушении же по De Vecchis'y получаются практически идентичные результаты. Из этого следует, что вторая стадия сушения не играет роли в переходе азотистых веществ в нерастворимое состояние.

Из других органических веществ, претерпевающих видоизменения при процессе высушивания свекловичной стружки, необходимо отметить пектиновые и гумминовые вещества. Было наблюдено, что некоторые растворимые пектиновые соединения под действием высокой температуры становятся нерастворимыми, что, в дальнейшем, повышает доброкачественность сока и его способность фильтроваться. Кроме отмеченного выше, свекловичная стружка во время сушения стерилизуется, благодаря чему извлеченный из нее сок не повышает цветности под влиянием действия оксидазы на его составные части, а остается желтым.

Перейдем теперь к рассмотрению происходящих в процессе высушивания физических видоизменений свеклы. По теории De Vecchis'a, Lafeuille'я и др. во время сушения происходит разрыв клеток свекловичной стружки и последующее сокодобывание представляет из себя не диффузию, а простое высолаживание. B. Owen своими опытами опроверг это положение. Ниже помещены рис. 5 и 6, на которых изображены микрофотографии клеток сырой свеклы (рис. 5) и высушенной по De Vecchis'y в две стадии (рис. 6). Никакого разрыва клеточных стенок при этом не обнаружено, что также подтверждает своим авторитетным мнением профессор ботаники A. Tansley. Это же положение B. Owen доказал непосредственным измерением осмоти-

ческого давления, при чем обнаружилось, что скорость извлечения сахара из сухой стружки следует законам диффузии и находится в прямой зависимости от разности концентраций сахара в стружке и в соке. Поэтому из нормально сушеной стружки трудно получить сок большей концентрации, чем 50 Бр.

К сожалению, никто из упомянутых исследователей не осветил вопроса о том, в каком состоянии находится сахароза в высушенной свекле. Если последняя высушивается до 4—5% влаги, то нужно полагать, что внутри клеток образуются сильно пересыщенные обескристалленные растворы, изолированные клеточной стенкой от заражения извне. Если бы при сушении имел место разрыв клеток, то это обстоятельство, очевидно, влекло бы за собой интенсивную кристаллизацию этих сильно-пересыщенных растворов.

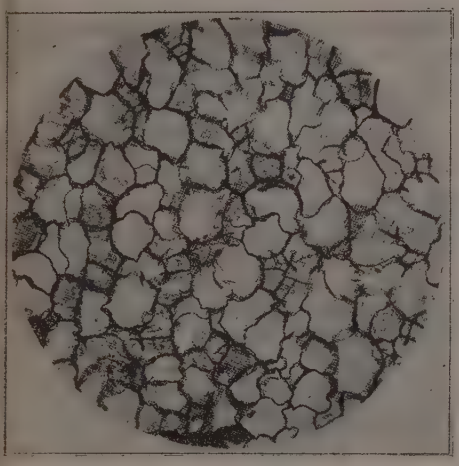


Рис. 5.

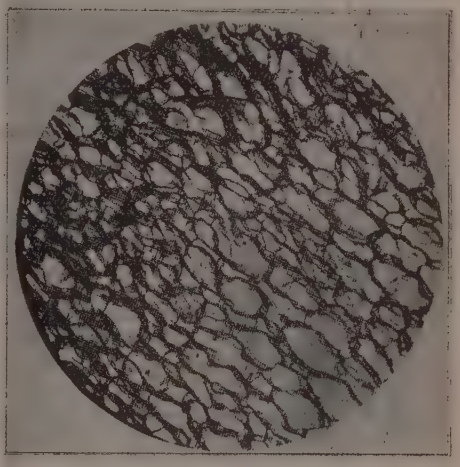


Рис. 6.

Общие заключения, которые можно вывести из разбора вопроса о происходящих во время сушения свеклы процессах, сводятся к следующему:

1. Описанные выше методы сушения свеклы при известных условиях дают вполне удовлетворительные результаты и не влекут за собой сколько-нибудь практически значительных потерь сахара.

2. Факторами, от которых зависит успешность процесса высушивания свекловичной стружки, являются: пористость материала, объем воздуха, давление воздуха, время завершения процесса, толщина слоя стружки, температура воздуха при разных степенях влажности стружки. Имеющиеся опытные данные показывают, что свекла в сыром виде, во избежание карамелизации и инверсии, не должна быть нагреваема свыше 105° при сушении в покое. Скорость образования инвертного сахара зависит от температуры и влажности, а количество его, кроме того, еще и от продолжительности сушения. Наилучшие результаты сушения получаются при продолжительности этого процесса, не превышающей одного часа. Толщина слоя свеклы во время сушения уменьшается, приблизительно, вдвое, а сопротивление этого слоя падает до 35% от первоначального. Наиболее выгодным и экономным является стационарное массовое сушение (кольцеобразные камеры) при температуре воздуха от 80 до 100° и толщине слоя стружки 8—12 дюймов. При этом есть возможность отработанный воздух получать в насыщенном состоянии с температурой от 25 до 35° втечение половины или двух третей всей продолжительности процесса. При этом втечение не более часа материал может быть высушен до 5—10% влаги. При сушении в движении (транспортерная сушка

и лоточная сушка) стружка высушивается постепенно, и наилучшие результаты получаются при слое стружки от 5 до 9 дюймов и при температурах воздуха от 85 до 105° для почти сухого материала, от 105 до 120° для полусухого материала и от 120 до 160° для свежей стружки. При этом можно получать втечение всего процесса отработанный насыщенный воздух с температурой от 45 до 50°. Для контроля процесса высушивания необходимо следить: а) за максимальными температурами для каждой стадии сушения, б) за продолжительностью сушения, в) за зависимостью между толщиной слоя, насыщенностью отработанного воздуха, скоростями воздуха и сопротивлением.

3. Гипотеза De Vecchis'a о необходимости сушения в две стадии не получила подтверждения. Эксперименты показали, что такого же эффекта коагуляции белковых веществ можно достигнуть при сушении в один прием.

4. Гипотеза Lafeuille'я, De Vecchis'a и др. о разрыве клеток свекловичной стружки во время ее высушивания также не была подтверждена.

5. Из указанных в п. 3 и 4 обстоятельств вытекает возможность сокращения времени протекания процесса высушивания и, следовательно, некоторое избежание связанных с этим недостатков. Конструкция аппаратов для сушения также благодаря этому упрощается. Так, например, вместо принятой De Vecchis'ом сушилки с пятью пасами, можно с успехом применять устройство только с тремя пасами.

Переходим теперь к рассмотрению вопроса об устройстве тех сушильных установок, которые предлагались или уже осуществлялись для сушения свеклы в крупном масштабе. В Германии для этой цели была предложена барабанная вращающаяся сушка Büttner'a, по образцу сушки для жома. Однако, двухлетние эксперименты с этой сушкой не дали положительных результатов. Ее недостатки заключаются в том, что при работе с ней нельзя достичь максимальной коагуляции белковых веществ свекловичного сока, и, кроме того, для большего теплового эффекта в этой сушке необходимо начальную температуру воздуха держать слишком высокой (до 500°).

Транспортерная сушка De Vecchis'a, первоначально им применяемая, получила уже некоторое отражение в нашей литературе. Следующим ее усовершенствованием была сушка английской фирмы Scott & Son, а в 1926 году в Италии были построены еще более усовершенствованные типы сушек на 70 и на 100 тонн сырой свеклы в сутки.

Устройство первой изображено на рис. 7, приводимом в статье G. Riley. Эта сушка разделена на 2 камеры—верхнюю и нижнюю. В верхней камере, куда поступает свежая стружка, имеется три пасовых транспортера, а в нижней камере, предназначенной для коагуляции по теории De Vecchis'a, расположено два таких же транспортера. Процесс сушения и коагуляции завершается в 2—$3^3/_4$ часа. Сушка с производительностью в 100 тонн имеет в верхней камере четыре транспортера, а в нижней два.

Существенное отличие этой усовершенствованной сушки от старой системы заключается в том, что пасы сделаны из проволочной ткани и имеют живое сечение для прохода воздуха до 47%. В старой же системе пасы состояли из отдельных стальных пластинок с отверстиями в 3—4 мм., что давало площадь живого сечения от 16 до 28%.

B. Owen в 1927 году запатентовал печь для высушивания свекловичной стружки, изображенную на рис. 8. Она состоит из вертикальной шахты *a*, через которую высушиваемый материал проходит непрерывно или периодически. Воздух входит через c^1 и выходит из c^2, нагреваясь по дороге трубками d^1 и e^1. Через щели в стенках горячий воздух попадает в шахту *a* и высушивает находящийся там материал. Стержни *f* служат для того, чтобы высушиваемый материал при опускании несколько перемешивался. Сведений о применении этой печи на практике в литературе не имеется.

Разрешение вопроса о рациональных методах высушивания свекловичной стружки является только частью общей задачи, стоящей перед сахаротехни-

ками при работе на сушеной свекле. Не менее важным должен казаться вопрос о рациональном хранении уже высушенной свеклы. Литературные сведения по этому вопросу очень немногочисленны. Это можно объяснить

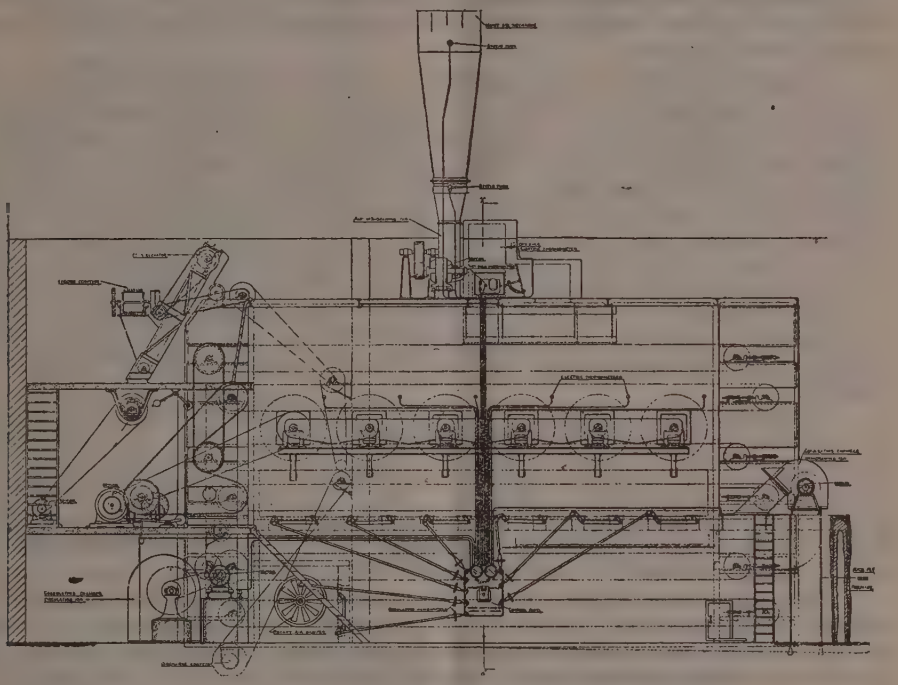


Рис. 7.

тем, что в практике работы на сушеной свекле пока еще не было случаев значительного разложения ее составных частей под влиянием биологических или метеорологических условий.

De Vecchis сообщает, что при переработке в Viterbo сушеной свеклы последняя всегда хорошо сохранялась. Английские специалисты, посетившие завод Loreo в октябре 1925 г., констатировали, что хранившаяся там втечение целого года сушеная стружка не показывала никаких признаков порчи; помещение для хранения было деревянное, с таким же полом, свекловичная стружка была насыпана в кучи, высотой в 10 футов.

Ниже приводим не отразившиеся еще в нашей литературе опыты B. Owen'a над хранением сушеной свеклы. Опыты в лабораторной обстановке были проведены следующим образом: в две стеклянных открытых банки помещалась высушенная стружка; поверхность банок равнялась 0,61 кв. фут. на 1 кгр. стружки; одна банка ежедневно взвешивалась, при чем наблюдались атмосферные условия (влажность и температура воздуха); из второй банки брались пробы для анализа. Наблюдения продолжались две недели. Средняя температура воздуха за это время была 20,7°, максимальная 26°; средняя влажность 68,7%, максимальная 95,0%. Результаты получились следующие:

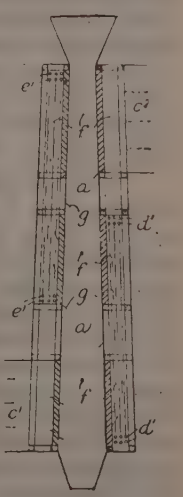


Рис. 8.

	Влаги %	Увелич. веса %	Инверт. сахара %
В начале хранения	5,781	—	1,441
Спустя 2 недели хранения . . .	5,980	0,21	1,447

Некоторое увеличение количества инвертного сахара B. Owen относит всецело за счет ошибки опыта. Влага поглощалась только верхним слоем свекловичной стружки.

Дальнейшие опыты, произведенные со свеклой, высушенной по De Vecchis'y и хранящейся втечение года, позволили вывести заключение, что скорость поглощения влаги стружкой зависит от влажности и циркуляции окружающего воздуха и от величины поверхности на единицу веса стружки. Последняя способна поглощать влагу до содержания ее в 11—13% по собственному весу; выше этой величины дальнейшего поглощения влаги не происходит. Никаких химических изменений в составе стружки во время этих опытов обнаружено не было. Кроме того, гипотеза De Vecchis'a о том, что его вторая стадия процесса сушения способствует уменьшению гигроскопической способности сушеной стружки, не оправдалась, так как при опытах хранения в крупном масштабе свекловичной стружки, высушенной в один прием и в два приема, результаты увеличения влажности получились одинаковыми.

Возможность долговременного хранения высушенной свекловичной стружки, как известно, является главнейшим преимуществом работы на сухой свекле, так как позволяет почти круглый год осуществлять извлечение сахара из сухой стружки. Дальнейшие процессы сокодобывания, очистки, кристаллизации и т. д., в общем, проводятся по тем же принципам, как и при переработке сырой свеклы. Некоторое упрощение вносится в работу станций диффузии и очистки, станция же выпаривания совсем отсутствует.

Останавливаясь, прежде всего, на станции сокодобывания, отметим следующие ее характерные особенности: 1) переход в нерастворимое состояние во время сушки некоторых несахаров обусловливает повышенную доброкачественность диффузионного сока; 2) скорость процесса диффузии увеличивается, благодаря большей разнице концентраций; 3) получающийся жом обладает повышенным питательным достоинством; 4) диффузионный сок можно получать плотностью около 50 Бр.

De Vecchis осуществляет сокодобывание в 10—12 цилиндрических сосудах-диффузорах (по терминологии De Vecchis'a—„выщелачивателях"), емкостью в 1,5 кб. мт. Температура нагрева диффузии равна 60—70°. Продолжительность процесса диффузии составляет 2—2,5 часа, причем диффузоры выгружаются через каждые 12—15 минут. Жома получается 80%, сухих веществ в нем около 7% и потеря сахара обычная. Повышение доброкачественности диффузионного сока, по сравнению с доброкачественностью сырой свеклы, составляет от 2,5 до 3,5 единиц.

Лабораторные опыты по извлечению сока из сушеной свеклы были произведены B. Owen'ом. Не останавливаясь на них подробно, заметим, что B. Owen'y не удалось получить сока с плотностью, значительно превышающей 50 Бр. Это лишний раз подтверждает, что процесс извлечения сока происходит путем диффузии, так как в противном случае можно было бы иметь в результате сок с концентрацией сахара, соответствующей его растворимости при данных условиях температуры и доброкачественности.

Эксперименты B. Owen'a на опытной станции Eynsham были направлены к выяснению влияния различных приемов работы на диффузии, а также к сравнению процесса сокодобывания при образцах стружки, высушенных по разным способам. Диффузионная батарея состояла из 10 диффузоров, которые представляли из себя цилиндры с диаметром 306 мм., высотой 617 мм. и с коническим дном. Каждый диффузор был снабжен калоризатором и многоходовым краном.

На диаграмме 5 графически представлены результаты опытов извлечения сока из сушеной различными методами свеклы. По оси абсцисс отложено время в часах, по оси ординат градусы Брикса. Кривая 1 относится к стружке 7,2 × 3 мм., сушеной втечение одного часа без второй стадии нагревания свеклы. Кривая 2 соответствует стружке в 10×3 мм., подвергнутой сушению в массе. Кривая 3 относится к сушеной по всем предписаниям De Vecchis'a стружке на транспортерной сушилке, и кривая 4 соответствует образцу стружки, состоящему из смеси двух последних. Кривые показывают, что нет почти никакой разницы в скорости извлечения сахара из стружки, сушеной по различным приемам; эта скорость больше зависит от размеров стружки. Из диаграммы также видно, что 50 Бр. является пределом, свыше которого извлечение сахара идет слабо и с трудом.

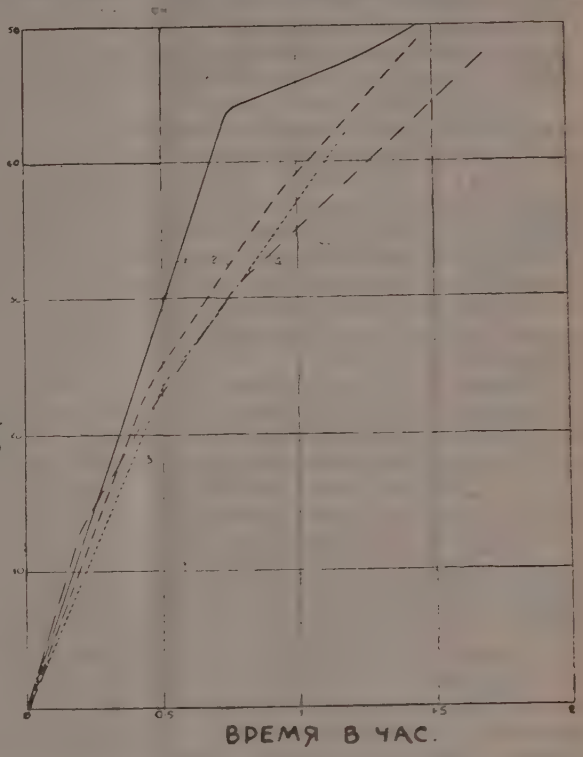


Диаграмма 5.

В. Owen'ом были проведены также опыты сокодобывания из сушеной свеклы при помощи непрерывного диффузионного аппарата, состоящего из вертикального цилиндра со шнеком. Стружка движется снизу вверх и высолаживается противотоком воды. Полученные сока были легко окрашены и при стоянии на воздухе не увеличивали заметно цветности. Ниже представлено несколько анализов полученных таким образом соков:

Бр.	Сх.	Дб.
47,2	38,6	91,3
23,8	22,4	94,5
47,4	43,1	90,0
50,5	45,2	89,5

Благодаря тому, что в сыром соке остается минимальное количество белковых веществ и доброкачественность его высока, является возможность ввести также известные упрощения в работу на станции очистки. De Vecchis патентовал такой способ очистки: к сырому соку, нагретому до 80°, добавляется известь в виде известкового молока[1]), избыток извести нейтра-

[1]) Количество добавляемой извести согласно различных источников неодинаково. Так в немецком патенте De Vecchis'a № 412158 указано количество извести не выше 0,5% по весу сырой свеклы; в британском патенте № 211113—0,05% по весу свеклы (какой?). В действительности же, по данным C. Scott Garrett'a, DeVecchis добавляет 0,25% извести по весу сырой свеклы в виде молока для соков с доброкачественностью выше 80, а для низших доброкачественностей 0,3%.

лизуется суперфосфатом до почти нейтральной реакции с прибавлением некоторого количества мела в качестве фильтрующей среды. При этом, по заявлению De Vecchis'a, после фильтрации получается светлый и блестящий сок, настолько же очищенный, как и при процессах двойной сатурации и сульфитации. Фильтр-прессная грязь содержит до 9% P_2O_5 по весу сухой грязи и является прекрасным удобрительным средством.

Однако, повышение доброкачественности сока при такой работе на станции очистки для итальянской свеклы по данным анализа английской комиссии было всего около одной единицы. По более поздним сведениям C. Scott Garrett'a повышение доброкачественности равно от 2 до 3,2 единиц, а общее повышение для диффузии и очистки было 5—6 единиц. Лабораторные опыты B. Owen'a над английской сухой свеклой, сок которой очищался точно по предписаниям De Vecchis'a, обнаружили повышение доброкачественности при очистке на 7 единиц.

В условиях опытной станции B. Owen испытывал различные способы очистки сырого сока, извлеченного из сухой стружки, заключавшиеся в следующем:

Опыт 1. Сок обрабатывался по De Vecchis'y 2% гашеной извести по весу сока и нейтрализовался суперфосфатом до щелочности 0,07CaO. Мел добавлялся в количестве 2% по весу сока. Фильтрация происходила очень плохо и под большим давлением. При развинчивании фильтр-пресса в нем была обнаружена липкая грязь. Результат опыта показывает, что этот метод работы для соков высокой концентрации оказывается мало пригодным.

Опыт 2. Сок обрабатывался сначала суперфосфатом в количестве 1% по весу сока, затем добавлялась известь, и избыток ее удалялся опять суперфосфатом. Не смотря на это, сироп фильтровался очень плохо. Очищенный сироп показал увеличение доброкачественности на 3 единицы.

Опыт 3. Сок обрабатывался различными количествами извести—от 1 до 6 процентов. Не смотря на это фильтрация не улучшалась. Автор делает предположение, что плохая фильтрация происходила из за свойств осадка фосфорнокислого кальция, поэтому в следующих опытах нейтрализация избытка извести производится другим путем.

Опыт 4. Сок обрабатывался известью и щелочность уничтожалась углекислым газом. Сатурирование этого вязкого сока происходило с большими затруднениями и крайне медленно ввиду интенсивного пенения. Давление на фильтр-прессах было очень велико. Метод оказался непригодным.

Опыт 5. Сок обрабатывался 3% извести по весу сока и нейтрализовался сернистым газом. Результаты получились более удовлетворительными, чем в опыте 4, но все же фильтрация была затруднена. Автор заключает, что, повидимому, фосфорнокислый кальций не является единственной причиной плохой фильтрации.

Опыт 6. В опыте 6 производилась двойная фильтрация—после добавления извести и после нейтрализации суперфосфатом. Результаты получились лучшими, что доказывает, что первая фильтрация, удаляя коллоидальные несахара, дает возможность проводить благоприятнее окончательную фильтрацию и получать хорошую грязь зернистой структуры.

Опыт 7. Сок сначала механически очищался пропусканием через фильтровальную бумагу. Фильтрованный сок обрабатывался 4% извести и 8% суперфосфата и тогда фильтровался на фильтр-прессах. Грязь получилась плохой по причине большого количества суперфосфата, необходимого для нейтрализации извести.

Опыт 8. Сок нагревался до 60°, проходил через центробежный очиститель Alfa-Laval и затем дефековался 3% извести и обрабатывался суперфосфатом. Фильтрация протекала лучше, чем в опыте 7, но все же грязь была слишком клейкой. В следующем эксперименте количество извести было по-

нижено до 2% с прибавлением 1% Supercel Hyflo[1]). Результаты оказались удовлетворительными.

В производство 1926-27 г. опыты были возобновлены со свеклой, высушенной в наилучших условиях, чтобы проверить результаты предыдущих опытов. Кроме того, в этой серии экспериментов было испытано применение активного угля Suchar при фильтрации соков. Всего было проведено следующих четыре опыта:

Опыт А. Очищенный от механических примесей сок обрабатывался известью и суперфосфатом и дважды фильтровался с активным углем. Фильтрация происходила легко.

Опыт В. Очищенный от механических примесей сок обрабатывался 0,5% извести и фильтровался с 2% активного угля по весу сухих веществ. Результаты получены удовлетворительные. Этот опыт опять же дает основания полагать, что без обработки суперфосфатом результаты фильтрации оказываются лучшими. Для проверки этого обстоятельства был проделан следующий опыт.

Опыт С. Этот опыт состоял из двух частей: 1) сок освобождался от механических примесей, известковался до 9,0 ρH и нейтрализовался суперфосфатом до 7,0 ρH; после прибавления 4% активного угля производилась фильтрация, осуществлявшаяся с большим трудом благодаря образованию липкого осадка фосфорнокислого кальция; 2) сырой сок обрабатывался известью до 6,6 ρH; после прибавления 4% активного угля сок легко фильтровался, но вследствие низкого значения ρH имела место инверсия.

Опыт Д. 1) Сок, очищенный от механических примесей, обрабатывался известью до 7,8 ρH и после прибавления 4% активного угля фильтровался; фильтрация происходила удовлетворительно вначале, но под конец ухудшилась; 2) сок известковался до 8,2 ρH и фильтровался. Фильтрат обрабатывался 4% активного угля и снова фильтровался с большей легкостью. Отфильтрованный сок показал увеличение доброкачественности на 4,1 ед.

Анализы соков в опытах *А - D* сведены в таблицу 7.

Таблица 7.

Опыт	СЫРОЙ СОК						ОЧИЩЕННЫЙ СОК					
	Бр.	Сх.	Дб.	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	Зольный коэффициент	Цветность°	Бр.	Сх.	Дб.	Инв. сах. на 100 ч. сахарозы	Зольный коэффициент	Цветность°
							после дефекации					
A	47,63	42,2	88,18	0,947	4,288	26,0	46,70	41,9	89,70	0,374	2,26	26,0
							после 1-ой обработки 4% угля					
							45,20	41,9	94,02	0,589	2,79	5,5
							после 2-ой обработки 2% угля					
							44,30	41,7	94,13	0,748	2,80	1,6
B	47,40	43,1	90,02	1,501	—	16,8	46,83	43,0	91,82	1,302	—	5,4
C 1	46,80	41,0	87,60	2,250	1,910	6,9	46,16	42,6	92,30	2,350	2,07	9,2
2	40,15	35,0	87,16	1,760	2,509	9,5	47,75	42,0	87,96	3,160	1,91	5,0
							после центрофугирования					
D 1	52,00	46,0	88,30	1,240	—	—	51,00	45,65	89,51	1,110	—	—
							после обработки углем					
							49,00	45,54	90,90	1,650	—	—
2	51,00	46,0	90,20	1,130	—	—	50,50	47,70	94,30	1,740	—	—

Выводы, которые были сделаны B. Owen'ом на основании приведенных выше опытов, можно формулировать следующим образом:

[1]) Способствующая фильтрации среда, содержащая кремний.

1. Очищение сока, полученного из сухой свеклы и имеющего брикс около 50, требует специальных приемов, ввиду большой вязкости и концентрации несахаров этого сока.

2. Предложенный De Vecchis'ом способ очистки извлеченного из сухой свеклы сока, заключающийся в обработке последнего известью и суперфосфатом, создает значительные затруднения при фильтрации.

3. Хорошие результаты дает метод, заключающийся в предварительном удалении твердых частиц путем центрофугирования, дефекации до слабой щелочности и фильтрации. При этом требуется меньшее количество извести.

4. Еще более успешным является метод очистки, при котором сок после дефекации обрабатывается активным углем.

Когда сок очищен, в нем растворяется желтый сахар, и плотность сока повышается до 60 Бр. В таком виде сок поступает в вакуум-аппараты. Дальнейшие процессы варки, кристаллизации, пробелки и переработки оттеков ничем не отличаются от таковых, протекающих при переработке сырой свеклы. Итальянские заводы, применяющие патент De Vecchis'a, работают на два продукта и выпускают сахар-сырец; количество кормовой патоки получается нормальным с доброкачественностью около 60. B. Owen на опытной станции Eynsham работал на три оттека и никаких затруднений или особенностей при варке, кристаллизации и пробелке не замечал.

В настоящей статье, таким образом, собраны все последние данные, касающиеся развития вопроса о работе на сушеной свекле. Сюда намеренно не включены различные теплотехнические подсчеты, так как при отсутствии большого количества практических данных они являются до известной степени ориентировочными. Экономические преимущества работы на сушеной свекле, которые находятся в тесной зависимости от чисто местных условий, также не получили здесь своего отражения. Общие же перспективы метода работы сахарных заводов на сушеной свеклы мы считаем уже общеизвестными и достаточно освещенными.

Вполне очевидно, что окончательное суждение об экономической выгодности перехода работы сахарных заводов какой либо сахарпроизводящей страны на работу с предварительным высушиванием свекловичной стружки можно будет иметь только после всестороннего обследования этого вопроса в каждом отдельном случае и накопления большого количества данных из практики работы в заводском масштабе. Самый же вопрос о технологической возможности проведения процесса высушивания свекловичной стружки с удовлетворительными результатами на основании приведенных данных можно считать в достаточной степени разрешенным. Методы же очистки извлеченного из сухой свеклы сока нужно признать еще недостаточно разработанными и нуждающимися в дальнейших исследованиях. Точно также требует изучения вопрос о выборе среди предложенных методов сушения наиболее теплотехнически рентабельного и, в частности, о конструировании такой системы сушилки, которая позволяла бы вести процесс высушивания в непосредственной близости к свекловичным плантациям.

ГЛАВНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Report of the Commission of Enquiry on the De Vecchis Beet Sugar Process. Лондон, 1925 г.

2. B. Owen. A Report on an Investigation into the Desiccation of Sugar Beet and the Extraction of Sugar. Лондон, 1927 г.

3. C. Scott Garrett. The Desiccation (De Vecchis) Process of Beet Sugar Manufacture. Journal of the Society of Chemical Industry. Nov. 4, 1927 г.

4. G. Riley. Plant for the Drying of Cossettes in the De Vecchis Process of Beet Sugar Manufacture. Journal of the Society of Chemical Industry. Nov. 11, 18, 1927 г.

5. B. Owen, L. Manés and J. Dougan. Further Investigations on the Beet Dehydration Process. I. S. 1927, № 3, 145.

6. Criticisms of the Oxford Beet Dehydration Process. I. S. 1927, № 9, 473.

7. B. Owen. Drying Sugar Beet. Патент. I. S. 1927, № 12, 677.

8. B. Owen. Investigation on the Dehydration of the Beet (De Vecchis Process). I. S. 1926, № 10, 542.

(Получена редакцией 12 марта 1928 г.)

К вопросу об изучении микроструктуры рафинада методом шлифов.

Проф. И. А. Кухаренко.

(Из Украинского Научно-исследовательского Института Сахарной Промышленности).

Еще в 1924 г. проф. К. Смоленский опубликовал весьма интересную работу по поводу исследования физических свойств рафинада[1]). Институт сахарной промышленности, заинтересовавшись этой работой, поручил своим сотрудникам дальнейшую проработку затронутых вопросов. Результаты этих работ также были своевременно опубликованы в наших Записках.

В настоящем мы хочем остановиться на вопросе об изучении микроструктуры рафинада методом шлифов, предложенным проф. К. Смоленским и проверенным бывшим сотрудником нашего Института инж.-техн. М. Э. Веркентин, которой принадлежит весь фактический материал, приводимый в настоящей заметке.

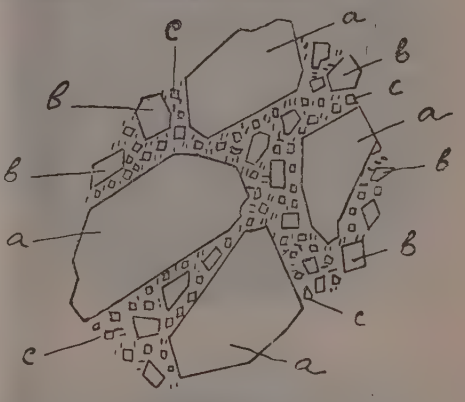


Рис. 1.

Микроструктуру рафинада проф. К. Смоленский схематически представляет себе в следующем виде (см. рис. 1). „На рисунке можно различить как бы три рода кристаллов, большие, с ясно обозначенными гранями, кристаллы *a,a,* затем между ними более мелкие *b,b,* и, наконец, совсем мелкие кристаллики *c,c;* между кристаллами находится сеть мелких канальцев. Эти различные роды кристаллов, по всей вероятности, соответствуют различным периодам кристаллизации сахара: большие представляют собою, очевидно, кристаллы, образованные в вакуум-аппарате во время варки; средние—при остывании утфеля в формах; самые маленькие—образовавшиеся при сушке в пасбургах, вследствие высыхания заливочного клерса".

К вышеизложенному проф. К. Смоленский предпосылает, что приведенную схему он зарисовывает по памяти, на основании тех микрофотограмм, которые были получены им в лаборатории Петербургского Технологического Института совместно со студентами, а ныне инженерами, В. Васильевым и К. Пархоменко, и утрачены при переезде в Варшаву.

Нашу работу по проверке приложения предложенного проф. К. Смоленским метода шлифов к изучению микроструктуры рафинада мы начали с разыскивания микрофотограмм, утраченных проф. К. Смоленским. Один из сотрудников проф. К. Смоленского по выполнению этой работы инж.-техн. В. Васильев, в ответ на наш запрос, любезно предоставил в наше распоряжение большую коллекцию оригинальных микрофотограмм. Большинство из них в достаточной степени неясны. Мы выбрали лучшие из этих микрофотограмм, каковые и приводим здесь (см. рис. 2—5, стр. 30).

На основании изучения этих микрофотограмм мы не решились признать метод шлифов непригодным для изучения микроструктуры рафинада. Основываясь на неясности микрофотограмм, мы склонны были думать, что метод недостаточно разработан и поэтому предприняли дальнейшую разработку метода.

---

[1]) Gaz. Cukr. 1924, XXXI, 19-22 (юбилейный номер), стр. 302, реферирована в Записках т. II, стр. 17.

М. Веркентин, проработав несколько месяцев, пришла к тому же заключению, что и проф. К. Смоленский, а именно, что лучше всего изучать шлифы, приготовленные без ингредиентов. Ниже мы приводим несколько лучших микрофотограмм (см. рис. 6—8) из числа полученных нами, на которых белые места принадлежат отшлифованному, следовательно, отражающему свет телу рафинада, а черные характеризуют строение канальцев.

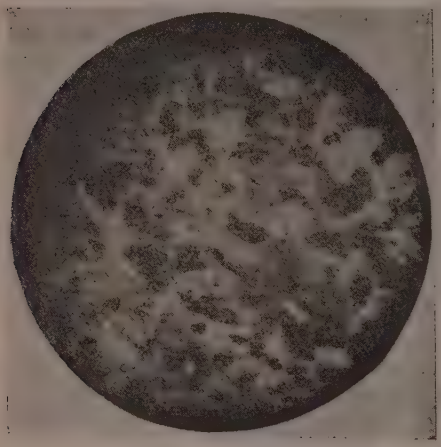


Рис. 2.

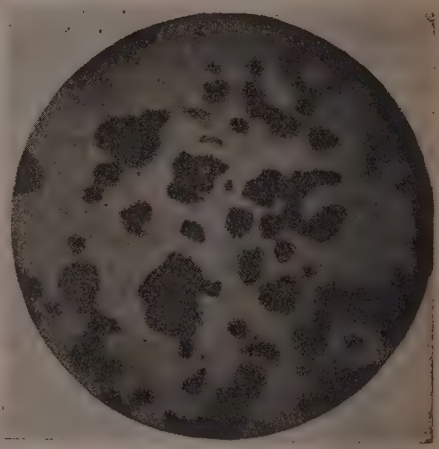


Рис. 3.

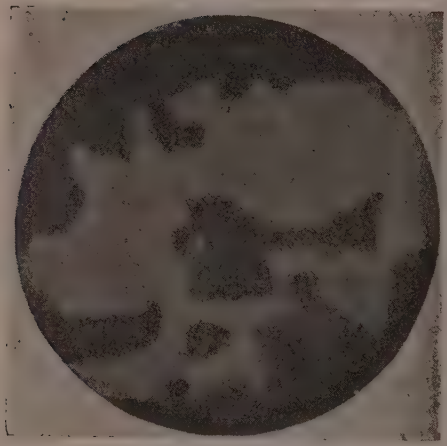


Рис. 4.

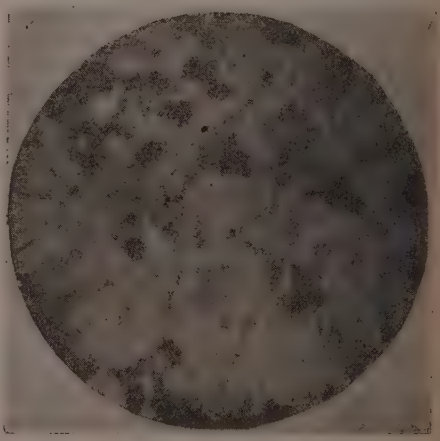


Рис. 5.

Для сравнения приводим также микрофотограмму утфеля I-ой кристаллизации, на которой вполне отчетливо видна т. наз. „мука". Читатель подметит принципиальное сходство последней микрофотограммы со схематическим рисунком проф. К. Смоленского, представленным на рис. 1.

Таким образом, схематическое представление о микроструктуре рафинада, представленное на рис. 1, не подтверждается действительными микрофотограммами шлифов. И не может подтвердиться, так как таковое находится в явном противоречии с современными воззрениями на процесс кристаллизации. При кристаллизации в филаузе и при высыхании оставленного в рафинаде заливочного клерса, содержащаяся в нем сахароза не выделяется в виде

новых маленьких кристаллов, заполняющих промежутки между существующими, а отлагается на поверхности существующих уже кристаллов.

Кристаллам, ограниченным объемом рафинадной формы, в процессе дальнейшего роста в филаузе и при пробелке не остается другого выхода, как врастать своими гранями друг в друга. Поэтому, при исследовании шлифов в отраженном свете, установить границу отдельных кристаллов не пред-

Рис.6.

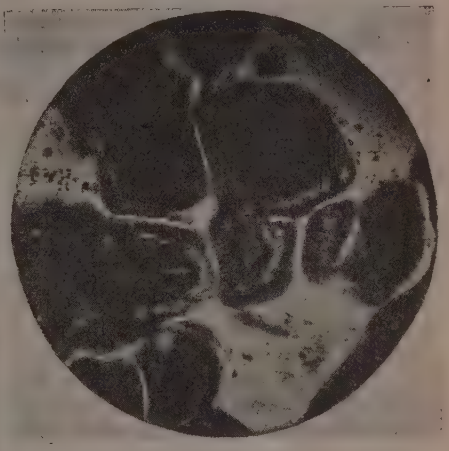


Рис. 7.

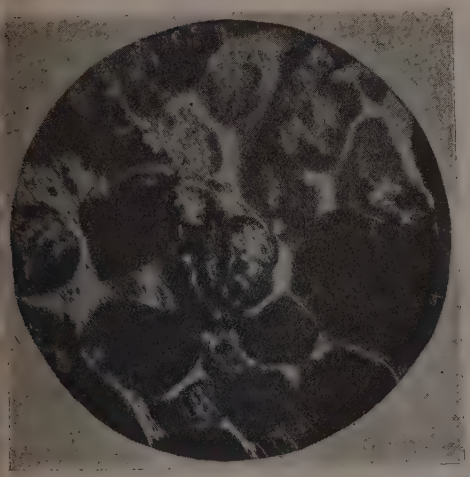


Рис. 8.

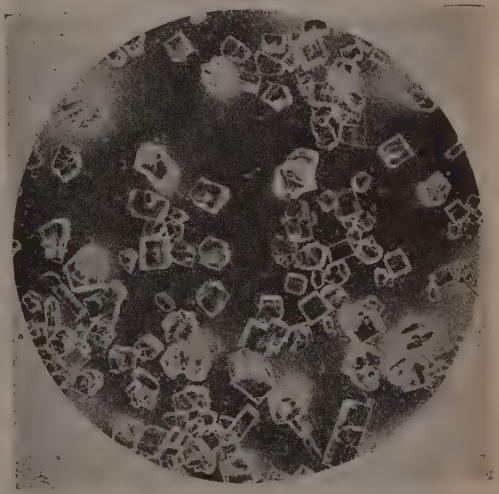


Рис. 9.

ставляется возможным, а тем более нет возможности классифицировать их на первичные, вторичные и т. д. и связывать их образование с отдельными стадиями процесса рафинирования.

Мы не думаем этим сказать, что следует отказаться от исследования микроструктуры рафинада методом шлифов. Мы считаем, что есть полное основание не ожидать значительных результатов от исследования шлифов *в отраженном свете.* Быть может исследование шлифов в проходящем *поляризованном* свете, или рентгенологически, в виду векториальности свойств кристаллов, даст другие результаты.

Последние методы нуждаются в основательной проработке. В этом направлении наш Институт ведет дальнейшие исследования, с результатами которых мы не преминем ознакомить после накопления у нас достаточного экспериментального материала.

(Получена редакцией 2 марта 1928 г.)

Методы определения скорости процесса кристаллизации.

Инж.-техн. М. И. Нахманович и И. Ф. Зеликман.

Изучению кинетики процесса кристаллизации вещества из пересыщенного раствора посвящено физико-химиками и кристаллографами несколько интересных исследований. Следует сказать, что учеными-сахарниками до последнего времени этот вопрос, несмотря на огромное его практическое значение, мало изучался. Все внимание сахарников фиксировалось на другом моменте кристаллизационного процесса—на так называемом патокообразовательном действии посторонних веществ-несахаров, посколько оно сказывалось в изменении растворимости сахара.

Между тем, определение скоростей кристаллизации сахарозы из растворов различного состава, температуры и пересыщения является необходимым мерилом для оценки влияния различных факторов на ход кристаллизации, является незаменимым средством для контроля и регулирования этого процесса в заводской обстановке, и, следовательно, для выработки оптимальных условий его ведения.

Несомненно, одной из главных причин весьма малой разработанности вопроса о кинетике кристаллизационного процесса, не только в области сахарного производства, но и физико-химии вообще, является трудность выработки метода определения скоростей кристаллизации, удобного для массовых наблюдений. Ряд затруднений возникает при оперировании с пересыщенными растворами, а трудность, связанная с отделением маточного раствора от кристалла, отмечается именно теми исследователями, которые ближе всего стали к практическому разрешению вопроса об определении *абсолютных* величин скоростей кристаллизации.

Впервые более или менее точный метод измерения скорости процесса роста кристаллов был применен не к кристаллизации из пересыщенных растворов, а к затвердеванию переохлажденной жидкости. Этот метод (Gernez-Tamman'a) определения, так называемой, линейной скорости процесса был использован целым рядом исследователей, и, таким образом, сыграл значительную роль в деле изучения вопроса.

Заключался он в следующем.

U—образная трубка, размеченная по длине делениями (в 1 мм. каждое), наполнялась расплавленным веществом и подвешивалась в водяной бане. После того, как исследуемая масса принимала температуру бани (на некоторое число градусов ниже температуры плавления испытуемого вещества), в трубку вводилась платиновая проволока, конец которой предварительно на один момент приводился в соприкосновение с твердой фазой исследуемого вещества. В переохлажденной жидкости сейчас же начинался процесс кристаллизации (затвердевания). Продвижение пограничного слоя твердой и жидкой фаз, наблюдавшееся при этом по шкале и точно фиксировавшееся во времени, служило мерилом линейной скорости.

Пользуясь этим методом, отдельные авторы допускали, впрочем, в частностях, некоторые отклонения от него. Так, Pickardt[1]) приводит прибор

[1]) Zeitschr. f. Physikal. Chemie, **42**, 1903, 17.

(рис. 1), в котором U—образная трубка заменена вертикальной, а термостатом (с циркуляцией охлаждающей воды) служит широкая стеклянная.

Первые определения зависимости линейной скорости кристаллизации от переохлаждения расплавленной массы, выполненные Gernez[1]) в отношении ромбической серы и желтого фосфора, выявили увеличение скорости затвердевания с понижением температуры. Опыты эти проводились, однако, при относительно небольшом переохлаждении (20° ниже температуры плавления). Tammann и Friedländer[2]) значительно расширили температурный интервал и выявили новые результаты. На рис. 2 представлена кривая, характеризующая процесс затвердевания, в таком виде, в каком он представляется на основании наблюдений, выполненных с бензофеноном,—веществом, обладающим исключительно малой способностью самопроизвольной кристаллизации, которое поэтому оказалось возможным переохладить на 100° ниже температуры плавления.

Рис. 1.

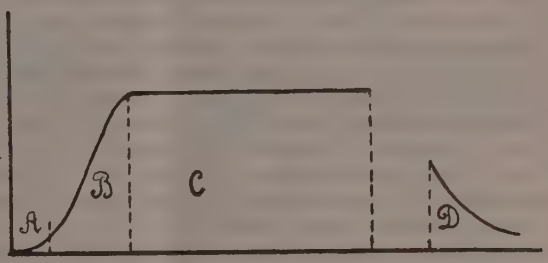


Рис. 2.

Как видно из приведенной кривой, линейная скорость кристаллизации (ось ординат) увеличивается с переохлаждением (ось абсцисс) лишь до известного температурного предела. Начиная от 20—30° ниже температуры плавления, она становится независимой от степени охлаждения. Это подтверждено в отношении всех исследовавшихся веществ (бензофенон, азобензол, коричная кислота, ангидрид бензойной кислоты и др.)

Tammann[3]) дает подробную картину хода процесса в отдельные температурные интервалы и подвергает его детальному анализу.

На участке A (рис. 2)—1°—5° ниже температуры плавления—невозможны точные измерения скорости: тепловые конвекционные токи или токи, вызывающиеся присутствием небольшого количества примесей, на данном участке особенно значительно влияют, как на форму кристаллов, так и на линейную скорость.

На участке B—5°—30° переохлаждения—в трубке образуется целый ряд „колонн", направленных параллельно оси трубки, быстро растущих на концах,—получаются длинные кристаллические нити. В начале участка B эти нити идут исключительно по периферии трубки, так как теплота кристаллизации отводится оттуда быстрее, чем от центральных частей. При большой скорости кристаллизации некоторые нити откладываются на стенках трубки в виде спиралей.

На участке D между кристаллами вовсе не видно жидкости,—вся масса ее затвердевает в видимой границе кристаллизации.

Изменение распределения кристаллов в пограничном слое и изменение линейной скорости в зависимости от переохлаждения приводят к следующим заключениям.

Встреча твердой фазы с переохлажденной жидкостью вызывает кристал-

[1]) (Compt. rend. **95**, 1882, 1278).
[2]) Zeitschrift f. Physikal. Chemie, **23**, 1897, 326.
[3]) Tammann—„Kristallisieren und Schmelzen", Leipzig, 1903.

лизацию в плоскости раздела. Выделяющаяся при этом теплота повышает температуру пограничного слоя до температуры плавления, допускающей одновременное существование двух фаз. При дальнейшем бесконечно малом понижении температуры, обусловливающемся теплопроводностью, наступает дальнейшая кристаллизация, снова освобождается тепло, и т. д. На участке *B* выделяющаяся теплота тормозит кристаллизацию. Если значительно уменьшить диаметр трубки, то скорость процесса на этом участке возрастет, что подтверждено опытом. Еще большее повышение линейной скорости при тех же температурных условиях было достигнуто значительным улучшением теплопроводности тела, с которым соприкасается кристаллизующаяся масса,—при кристаллизации в кольце между стеклянной трубкой и медным цилиндром.

Соразмерно со скоростью охлаждения продвигающихся вперед поверхностей кристаллов, кристаллизация идет со скоростью, увеличивающейся при увеличении переохлаждения до тех пор, пока последнее становится столь большим, что кристаллизация может развиваться с максимальной свойственной ей скоростью. Таким образом, скорость процесса затвердевания регулируется скоростью отдачи тепла—тепловой диффузией.

На участке *C* на границе кристаллизации имеет место неизменная температура, вследствие чего скорость процесса не зависит от температуры бани. Падение линейной скорости (участок *D*) происходит потому, что теплоты кристаллизации оказывается недостаточно для сохранения на пограничной линии температуры плавления. Для тел, обладающих малой скоростью кристаллизации, и выделяющих меньше тепла, участок постоянной скорости может ограничиться одной точкой.

На основании приведенных соображений, Tammann дает характер кривой, выражающей зависимость скорости процесса кристаллизации не от температуры бани, а от той, какая фактически имеет место в кристаллизующемся слое,—на границе двух фаз. Кривая эта представлена на рис. 3 (AB). Горизонтальная прямая DE,—часть экспериментально полученной кривой CDE,—здесь сжимается в точку A, соответствующую максимальной скорости при температуре плавления; далее, по мере освобождения от влияния выделяющейся теплоты кристаллизации, и, следовательно, по мере понижения температуры, скорость кристаллизации падает, подобно тому, как понижаются с уменьшением температуры скорости всех процессов превращения.

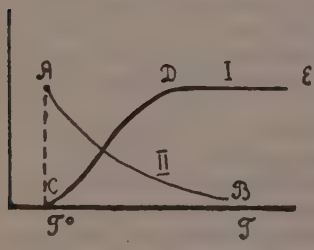


Рис. 3.

Значение максимальной скорости кристаллизации, определенной указанным методом, выявило громадную зависимость ее от природы вещества. Вот некоторые из этих значений:

фосфор желтый . . .	60000	мм.	в минуту
азобензол . . .	570	„	„
дифениламин . . .	112	„	„
бензофенон . . .	55	„	„
бетол	1	„	„

Немногие свойства тел в такой значительной степени изменяются с природой вещества. В этом отношении скорость кристаллизации напоминает скорость химической реакции.

Описанный метод определения линейной скорости кристаллизации был использован также и для выяснения влияния посторонних веществ на протекание этого процесса. Богоявленский[1]) нашел, что различные количества примесей заметно *понижают* скорость затвердевания.

[1]) Zeitschr. f. Physik. Ch., **27**, 1898, 585.

Кривые рис. 4 выражают скорость кристаллизации бензила в присутствии разных количеств бензофенона. Между прочим, 1,0; 0,4 и 1% последнего понизили скорость процесса в одинаковой степени.

Не ограничиваясь вопросом о скорости затвердевания, обусловливаемого мгновенным введением „затравки“, Tammann пытался измерить и скорость этого процесса, протекающего „самопроизвольно“, определяя число центров кристаллизации, возникавших в различных переохлажденных веществах при разных температурах. Так как центры эти чрезвычайно малы и могут быть невидимы при температуре их возникновения, был применен следующий метод: по истечении большого промежутка времени, когда можно было считать, что процесс „зарождения“ центров уже имел место, температура раствора несколько повышалась; этим создавались условия для более скорого роста уже существующих центров, и они достигали величины, делавшей возможным определение их количества. Этим путем, говорит Tammann, выявляется температура, оптимальная для кристаллизации вещества.

Таковы, в общих чертах, те основные выводы и заключения, которые могли быть сделаны на основании изучения различными авторами, а главным образом, Tammann'ом, процесса кристаллизации из переохлажденных жидкостей.

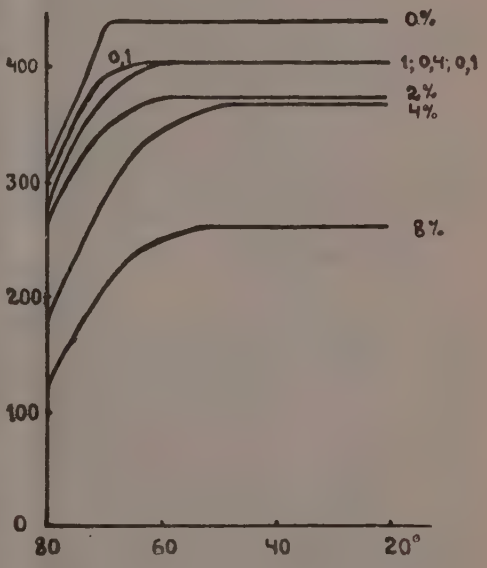


Рис. 4.

Однако, непосредственно для сахарной промышленности имеет, главным образом, значение другой вид кристаллизации: выделение вещества, в твердом состоянии, из его пересыщенного маточного раствора. Этот процесс отличается большей сложностью, уже хотя бы потому, что, в отличие от первого, нуждается в постоянном подводе растворенного вещества непосредственно к кристаллу. Поэтому и скорость кристаллизации из пересыщенных растворов слагается из двух элементов—скорости перехода из некристаллического состояния в кристаллическое и интенсивности притока к кристаллу образующего его вещества.

Noyes и Whitney[1]), изучая скорость растворения бензойной кислоты и хлористого свинца, первые высказали предположение, что скорость растворения есть скорость диффузии растворенных частиц от кристалла к раствору. Поверхность кристалла, при этих условиях, все время покрыта бесконечно тонким слоем раствора, который может рассматриваться, как насыщенный, и скорость процесса в каждый данный момент должна быть пропорциональна разности концентраций, т. е.

$$\frac{dx}{dt} = C\,(S - x), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

где S —концентрация насыщенного раствора,
x —концентрация недосыщенного раствора,
C—коэффициент пропорциональности,
t —время.

[1]) Z. f. Phys. Ch., **23**, 1897, 689.

Brunner и Tolloczko[1]) подтверждал эту зависимость для большого числа твердых тел. Nernst[2]), основываясь на экспериментальных данных Brunner'а, распространил данную теорию не только на случай растворения твердых тел, но и на все те неоднородные процессы, в которых скорость химического или электрохимического взаимодействия совершается очень быстро сравнительно с диффузией. Nernst полагает, что во всех этих случаях темп реакции обусловливается лишь скоростью диффузии реагирующих веществ к поверхности, отделяющей одну фазу от другой.

Также и Андреев[3]) делает допущение, которое он считает весьма вероятным, что из двух элементов, определяющих интенсивность роста кристаллов, диффузия протекает несравненно медленнее, чем переход вещества в кристаллическое состояние. В таком случае общий темп процесса будет, конечно, зависеть от скорости диффузии питательного вещества, вследствие чего скорость кристаллизации математически может быть выражена формулой $\frac{dq}{dt}$, отражающей закон диффузии. Говоря далее о процессе растворения, Андреев высказывает ту точку зрения, что и этот процесс,—точно так же и в такой же мере, как и рост кристаллов,—представляет из себя явление диффузии вещества, слагающего кристалл, и подчиняется тому же закону, каковому подчиняется процесс диффузии.

Андреев посвятил этому вопросу значительную экспериментальную работу.

В основу выработанного им интересного метода было положено соображение о том, что „наиболее точно определить количество отложившегося на кристалле вещества можно взвешиванием. Разность в весе кристалла до и после опыта, отнесенная к единице времени и поверхности, даст меру скорости роста кристалла".

Применявшиеся им небольшие кристаллики выращивались следующим образом.

Пересыщенный раствор вещества, еще горячий, вливался в кристаллизационную чашку так, что покрывал дно ее слоем толщиною ~ в 1 см. Чашка накрывалась стеклом и оставлялась до комнатной температуры. После этого достаточно было на весьма короткий срок открыть чашку, чтобы через некоторое время заметить на дне ее маленькие кристаллики, быстро вырастающие до величины, позволяющей оперировать с ними. Как указывает автор, кристаллизация в данном случае обусловливается тонкою пленкою, содержащей в себе кристаллы того вещества, с которыми приходится работать. В тех же случаях, когда в тонкие пленки вещества автор рекомендует вносить в пространство вблизи кристаллизационной чашки небольшое количество мелкого порошка этого вещества и, взяв за тем, открывать чашку.

Когда зародышевые кристаллики достигали достаточной величины[4]), наиболее хорошо развитые из них извлекались помощью пинцета и высушивались на фильтровальной бумаге. Далее, каждый кристаллик укреплялся между двумя платиновыми, впаянными в стеклянную палочку, и опускался в пересыщенный раствор. Платиновые проволочки вводились в кристалл, который рос совершенно так, как если бы он не существовал (рис. 5, a).

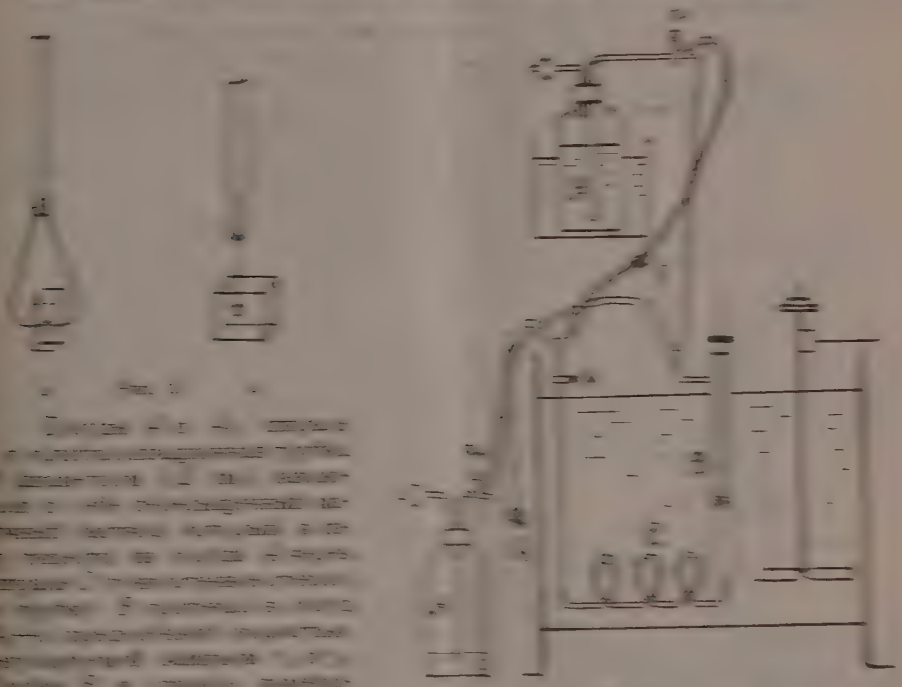
В дальнейшем автор ограничивался лишь одной проволокой (рис. 5, b).

Такой способ прикрепления кристалла позволял не только быстро погружать или извлекать его из раствора, но и помещать его во всех опытах в определенное пространство кристаллизатора.

Отделение маточного раствора от кристаллов производилось Андреевым путем быстрого погружения последних в почти насыщенный раствор жидкости, слабо действующей на вещество кристалла, но довольно хорошо растворяющей

---

[1]) (Zeitschr. f. Phys. Ch. 35. 1900. 283).
[2]) (" " " " 47. 1904. 52).
[3]) (" " " " 52. 1904. 57).
[4]) Журн. Русск. Физ.-Хим. Общ. 40. 1908. 307.
Как видно из результатов работы Андреева, первоначальный вес применявшихся им кристаллов составлял от 1 до 25 мгр.



быстрее, во избежание самопроизвольного выпадения множества мелких кристалликов. Последнее привело бы к сильному изменению, уже во время опыта, одного из существенных факторов скорости роста—степени пересыщения. По этой же причине автор рекомендует тщательно вымывать перед опытами стеклянную палочку и платиновую проволочку, „так как даже едва заметные глазу маленькие кристаллики вещества, сидящие на проволочке, будучи опущены в раствор, вырастают, падают вниз и обусловливают выпадение вещества".

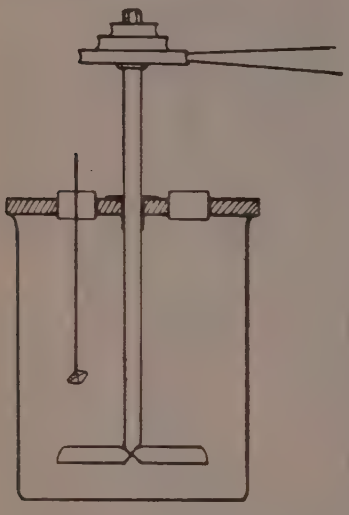


Рис. 7.

В виду того, что, по собственному признанию автора, первый прибор отличался большой сложностью, и это вело к частому самопроизвольному выпадению кристалликов в тех или иных его частях, Андреев сконструировал другой аппарат. Последний (рис. 7) представлял собою двухлитровый стакан, в который наливалось 1—1,5 литра маточного раствора. Кристаллизатор снабжался стеклянной мешалкой, приводившейся в движение от электромотора и делавшей 100 оборотов в минуту.

В остальном выполнение опытов не отличалось от работы с первым прибором.

Впоследствии автор снова несколько изменил конструкцию своего аппарата, создав, как он говорит, нечто среднее между первыми двумя. В своей основной части этот новый не отличался от второго, представляя собою такой же стакан, снабженный мешалкой. Наращиваемый кристалл помещался в дугообразной трубке (рис. 8), располагавшейся горизонтально в кристаллизаторе над мешалкой, создававшей в ней непрерывный ток маточного раствора. Кристалл вставлялся в нее через припаянную вертикальную трубку. Первая немного выдувалась посредине, так что образовывалось пространство, напоминавшее шар, в центре которого помещался кристалл. Токи маточного раствора устремлялись по стенкам шара, и, таким образом, по мнению Андреева, более равномерно омывали кристалл.

Чтобы достигнуть „еще более полной равномерности питания различных частей одного и того же кристалла", Андреев производил свои последние опыты в таком кристаллизаторе, где не только маточный раствор перемешивался, но и самый кристалл приводился в движение.

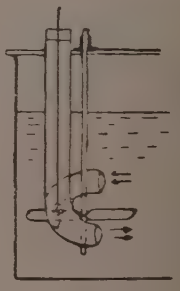


Рис. 8.

В основание расчетов при определении числовой величины скорости кристаллизации указанный автор принимает формулу диффузии:

$$\frac{dx}{dt} = к\ F.\ (x - c) \quad . \ . \ . \ . \ . \quad (II)$$

при следующих значениях входящих в нее величин:

dx — количество отложившегося вещества, т. е. разность между весом кристалла после опыта (g_2) и перед ним (g_1):

$$dx = g_2 - g_1$$

dt — продолжительность опыта;

F — величина поверхности кристалла;

c — концентрация насыщенного раствора.

Величина F во время опыта непрерывно изменяется. Если величину поверхности кристалла до опыта обозначить через F_1, а после него—через F_2, то среднее арифметическое можно считать за величину F:

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

Тем более допустимо это, если на кристалл наращивается тонкий слой вещества, т. е., когда F_1 и F_2 отличаются друг от друга на малую величину.

F_1 и F_2 можно вычислить из веса кристалла:

$$F_1 = \alpha_1 (V_1)^{2/3} \qquad F_2 = \alpha_2 (V_2)^{2/3}$$

где V_1 и V_2 — величины объема кристалла до и после опыта, равные—

$$V_1 = \frac{g_1}{S_{\rho.}\, g} \qquad V_2 = \frac{g_2}{S_{\rho.}\, g}$$

($S_{\rho.}\, g$ — удельный вес вещества кристалла); таким образом,

$$F_1 = \alpha_1 \left(\frac{g_1}{S_{\rho.}\, g}\right)^{2/3} \qquad F_2 = \alpha_2 \left(\frac{g_2}{S_{\rho.}\, g}\right)^{2/3}$$

Коэффициенты α_1 и α_2 представляют из себя отношения величин поверхностей к объему; для подобных тел $\alpha_1 = \alpha_2$.

Андреев далее указывает, что если пользоваться кристаллами одинакового вида и во время опытов наращивать на них очень тонкий слой вещества, то отношение поверхности к объему не будет практически претерпевать изменения, т. е. величина α_1, по крайней мере, до небольшого интервала роста, будет величиной постоянной.

Если $\alpha_1 = \alpha_2$, то $F = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{\alpha}{2}\left[\left(\frac{g_1}{S_{\rho.}\, g}\right)^{2/3} + \left(\frac{g_2}{S_{\rho.}\, g}\right)^{2/3}\right]$

если $\frac{\alpha}{2\,(S_{\rho.}\, g)^{2/3}}$ обозначить через β, тогда

$$F = \beta\,(g_1^{2/3} + g_2^{2/3})$$

Формула II, после замены в ней величины F полученным ее значением, примет следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = K\,(g_1^{2/3} + g_2^{2/3})\,(x - c) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (III)$$

где $K = k.\,\beta$.

При определении скорости роста кристалла, когда на последнем наращивается лишь несколько миллиграммов вещества из маточного раствора, содержащего больше килограмма его, практически концентрация пересыщенного раствора во время опыта не изменяется. В виду этого, формула III принимает следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = K\,(g_1^{2/3} + g_2^{2/3})\,(C - c)$$

где $dx = g_1 - g_2$, а C — концентрация пересыщенного раствора.

Для определения величины c — концентрации насыщенного раствора, Андреев исходил одновременно из недосыщенного и пересыщенного и принимал среднее значение.

Результаты опытов Андреева, по указанным ниже причинам, дали ему возможность подтвердить закономерность, какую для случая растворения твердых тел в их маточном растворе нашли впервые Noyes и Whitney[1]). Эта

[1]) Указавшие, что скорость растворения есть скорость диффузии.

закономерность распространена была Андреевым также на случай роста кристаллов. Константы кристаллизации и растворения лимонной кислоты при 55-ти оборотах мешалки в минуту, вычисленные Андреевым по одной и той же формуле, оказались равны между собой, вследствие чего автор пришел к заключению об идентичности этих процессов. Аналогичный вывод можно было сделать и из дальнейших опытов, выполненных с кристаллами ортохлординитробензола в эфирном растворе и $NaClO_3$ в водном растворе.

Придя к заключению, что процесс роста и растворения кристаллов есть процесс диффузии питательного материала, слагающего кристалл, к поверхности последнего, Андреев все же поставил специальные опыты с целью изучения влияния перемешивания маточного раствора на скорость роста кристалла. Но и эти последние опыты, ограниченные интервалом от 30 до 120 оборотов в минуту, показали, что „скорость роста увеличивается пропорционально скорости вращения мешалки в степени $^2/_3$“, и Андреев, таким образом, снова приходит к выводу, что „в данном случае мы имеем процесс диффузии“.

Так как различная скорость роста отдельных кристаллографически разных плоскостей одного и того же кристалла, совершенно закономерная, не может быть объяснена лишь случайным различием в интенсивности диффузии вещества к той или иной плоскости, автор пробует выяснить это „кажущееся“ противоречие. Поставленные им опыты растворения отдельных плоскостей, так же, как и работа Федорова [1]), наблюдавшего одновременный рост и растворение плоскостей кристалла, и Прибрам'а [2]), констатировавшего изменение формы пораненных кристаллов без изменения их веса, привели к заключению, что по разным направлениям кристалл обладает различной растворимостью. Уже самое появление фигур травления на плоскостях кристалла при его растворении нужно объяснить различной растворимостью его по разным плоскостям. А „в силу различной растворимости, относительная скорость роста двух каких-либо плоскостей изменяется с концентрацией. В растворах очень пересыщенных плоскости растут с одинаковой почти скоростью, по мере приближения к „насыщенному раствору“ одна плоскость растет все быстрее и быстрее другой. Наконец, при дальнейшем разбавлении маточного раствора наступает момент, когда одна плоскость начинает растворяться, в то время, как другая продолжает расти. Таким образом, по Андрееву, „различная скорость роста кристаллографически разных плоскостей обусловливается различною их растворимостью“. „Скорость роста и растворения различных плоскостей может быть выражена одной и той же формулой

$$\frac{dx}{dt} = KF\,(C - c),$$

но для различных плоскостей C имеет различную величину.

Хотя экспериментальная часть работы убедила Андреева в том, что процесс растворения и роста кристаллов есть явление диффузии (о чем он указывает неоднократно), все же, сопоставляя абсолютные величины линейной скорости кристаллизации фосфора (60000 мм. в минуту) и бетола (1 мм. в минуту), Андреев допускает, что если уменьшить скорость кристаллизации, например, понижением температуры, и в то же время увеличить скорость диффузии весьма интенсивным помешиванием маточного раствора и увеличением поверхности кристаллов, то скорость диффузии не будет уже играть такой роли, и интенсивность процесса роста кристаллов станет также в зависимость и от скорости перехода вещества в кристаллическое состояние из некристаллического. Если рост и растворение кристаллов сопровождается каким-либо весьма медленно совершающимся химическим процессом или медленным превращением одной модификации в другую, тогда несомненно, заключает автор,

---

[1]) (Журнал Горн. Инст., 1907, 81).
[2]) (Z. f. Kryst., **39**, 1904, 576).

скорость роста и растворения кристаллов будут уже обусловливаться не скоростью диффузии, а скоростью химического взаимодействия или скоростью превращения одной модификации в другую.

Такой именно случай—независимости процесса кристаллизации от скорости диффузии—детально исследовал автор второй после Tammann'а капитальной работы в области изучения скоростей кристаллизации—Robert Marc [1]). Эти результаты были получены им при помощи метода, основанного, прежде всего, на весьма интенсивном перемешивании раствора, в котором в то же время чрезвычайно быстро вращаются и маленькие кристаллики вещества.

Первые опыты были проведены над K_2SO_4, исключительно удачно подобранным веществом. Основные наблюдения были выполнены при 0^0. 600 кб. см. специально приготовленного пересыщенного раствора, после быстрого охлаждения в охладительной смеси, приблизительно, до 1^0, отсасывалось через высокий (10 см.) ватный фильтр; 550 кб. см. (а в некоторых опытах 200) наливалось в высокий литровый стакан, укреплявшийся в бане с тающим льдом. В сосуде помещалась мешалка, которой, при помощи мотора, переводных шкивов и сопротивления, можно было сообщать любое число оборотов от 100 до 3000 в минуту. Мешалка достигала до самого дна и занимала, приблизительно, половину сосуда. Содержимое последнего защищалось корковой пробкой от попадания в него масла по мешалке.

После того, как раствор приобретал постоянную температуру, в него задавалась „затравка" в виде определенной навески кристаллической соли. Необходимые для этого кристаллики вещества получались в таком же сосуде с мешалкой, при той же температуре, из пересыщенного раствора, при усиленном перемешивании (1000 оборотов в минуту). Образовывавшийся кристаллический порошок был настолько равномерен по величине, что, как указывает Marc, его наружную поверхность можно было с уверенностью принять пропорциональной его количеству. Этот порошок отсасывали, сушили сначала в эксикаторе, затем при 200^0 с периодическим перемешиванием.

После введения „затравки" в раствор, приступали к частому отбору проб для определения степени понижения концентрации раствора в результате кристаллизации: сначала через $^1/_2$ минуты, затем через $1—1^1/_2$, далее—через бо́льшие промежутки времени. Самое определение производилось так: при помощи небольшой пипетки (5 или 2 кб. см.), с одной стороны снабженной плотным ватным фильтром, с другой—соединенной с вакуумом,—отбиралась проба раствора (продолжительность отбора удалось ограничить 3-мя—4-мя секундами), переносилась во взвешенную чашечку и выпаривалась: остаток высушивался при 200^0 и взвешивался. При более точных опытах, при малой разности концентраций, недостаточно было отмеривать жидкость, и она отвешивалась—в маленьких (10 кб. см.) эрленмейеровских колбочках с пришлифованными пробками.

Метод, использованный Marc'ом при работе с K_2SO_4, оказался, однако, неприменимым для целого ряда других солей. Выбор последних, вообще, был чрезвычайно труден: многие не могли быть в достаточной степени переохлаждены; большинство было слишком сильно растворимо, так что изменение пересыщения составляло очень малую часть общей концентрации, и, таким образом, ошибки наблюдения выходили бы за допустимые пределы; для некоторых не было достаточно быстрых и точных методов анализа: в частности, все вещества, кристаллизующиеся с водой, не могли быть анализируемы так удобно, как K_2SO_4.

Метод определения сухого остатка был, поэтому, заменен измерением электропроводности. Для этого Marc, попрежнему, отбирал периодически пробы из кристаллизатора при помощи пипетки, и либо переносил их в стаканчик, взвешивал, разжижал в мерной колбе до 60 кб. см. и затем помещал в особый сосуд для измерения электропроводности, либо выпускал их во взвешенные

[1]) Zeitschr. f. Physik. Chemie, **61**, 1908, 385; **67**, 1909, 477; **68**, 1910, 104; **73**, 1910, 685.

трубки с водой, которые затем снова взвешивались, и концентрация определялась специальной „пипеткой для измерения электропроводности". Такой метод давал значительно лучшие результаты, чем всякий другой (кроме метода определения сухого остатка,—наиболее точного, но и очень кропотливого, требующего около двух дней). Так как, кроме того, в тех случаях, когда процесс кристаллизации шел очень быстро, количество проб, отбираемых пипеткой, оказывалось весьма малым, то большое число своих наблюдений автор произвел путем непосредственного определения электропроводности раствора в самом кристаллизаторе.

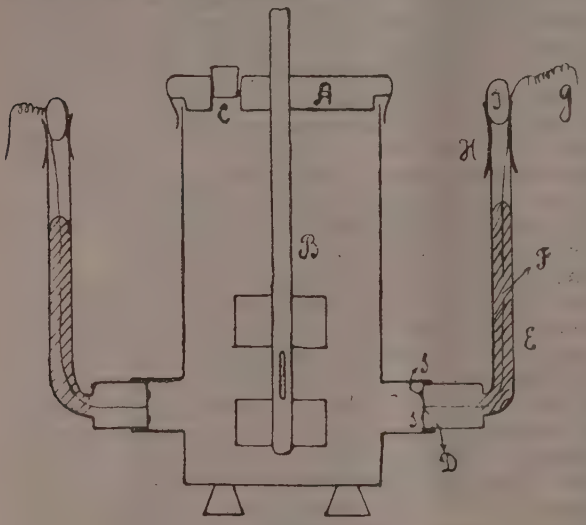


Рис. 9.

Сконструированный для этого аппарат (рис. 9) представлял собою стакан с двумя боковыми отростками недалеко от дна, установленный на пробковых подставках. Крышка (*A*) из твердой резины имела одно отверстие для мешалки (*B*) и второе, закрывающееся пробкой (*C*), для термометра, а также для введения „затравки".

Конструкция электродов была такова: к круглому платиновому листу припаяна платиновая же проволока. Через отверстие в пробке, хорошо закрывающей боковой отросток, пропущена проволока электрода, осторожно, при нагревании, протянута в сургуч, покрывающий пробку, и закреплена в нем с образованием вокруг электрода выпуклости *S* из сургуча. Другой конец проволоки вставлен в стеклянную трубку *E*, закрепленную сургучем в пробке.

Остальное ясно из чертежа: F — ртуть; *g* — подводящая проволока; H — резиновая трубка; I — стеклянная пробка.

Прибор этот не лишен был некоторых недостатков: давал хорошие результаты лишь в очень узких пределах концентрации; хотя электроды были далеко отодвинуты, необходимая платинировка сильно повреждалась движущимися кристалликами; мотор и мешалка создавали большой шум. Точность метода составляла около 10% (против 6% для первого метода Marc'a).

Для производства наблюдений необходимо было сначала создать для каждого вещества и для каждой температуры основную, масштабную кривую. С этой целью 200 кб. см. пересыщенного раствора, доведенного до температуры термостата, выливалось в аппарат и выяснялась первоначальная электропроводность этого раствора при вращении мешалки (измерения производились до прекращения отклонений—обычно после 5 минут); далее 10 кб. см. раствора, отбиравшиеся пипеткой, замещались таким же количеством воды, после чего измерения повторялись. Таким путем получали кривую, по которой затем можно было отсчитывать концентрации [1]).

При наблюдениях поступали аналогично, при чем первые отсчеты, до введения „затравки", повторялись неоднократно, чтобы возможно точнее зафиксировать начальную точку.

[1]) Пересыщение раствора Marc выражал в мгр. на 50 или 100 кб. см., иногда в сгр. на 200 кб. см.

Полученные данные показали, что лишь при малом числе оборотов может быть верен вывод Андреева о зависимости скорости роста кристаллов от числа оборотов мешалки: скорость вращения, превышающая 500 оборотов в минуту, не повышала скорости кристаллизации K_2SO_4 при комнатной температуре, а для 0^0 этим предельным числом оказалось 300 оборотов. Аналогичные результаты были получены и в отношении других солей. Таким образом, Marc'у удалось доказать, что при известных условиях скорость кристаллизации может быть определена вне зависимости от скорости диффузии [1]).

По вопросу о влиянии на скорость процесса величины поверхности, определявшейся Marc'ом по навеске кристаллов одного и того же изготовления, была найдена некоторая пропорциональность этих величин. Но одинаковая навеска тех же кристаллов, полученных отдельно, давала иные скорости.

Тем более затруднительно было сравнить абсолютные величины скоростей кристаллизации различных веществ: Marc не имел возможности определить поверхность „затравки". Все же, выкристаллизовав KOH на „затравке" NH_4OH и наращивая затем эти новые кристаллы, автор, сравнив скорость их роста с нормальной, нашел, что KOH растет в 1,6—1,7 раза медленнее, чем NH_4OH, т. е. что скорость кристаллизации зависит от природы вещества, являясь его специфическим свойством.

Температурный коэффициент, т. е. повышение скорости процесса при переходе от 0^0 до 10^0, Marc, на основании своих опытов с тремя веществами, принимает равным 1,5—1,6. Этот температурный коэффициент, как отмечает автор, меньше коэффициента большинства химических реакций, однако значительно больше, чем обычно принимаемый для диффузии.

Выполненные Marc'ом наблюдения над скоростью растворения кристаллов имели целью еще и таким путем выяснить, регулируется ли процесс кристаллизации законом диффузии. В этом последнем случае имело бы место отношение:

$$V_k = K(e + u) - K'e$$
$$V_A = K'e - K(e + u),$$

где V_k — скорость кристаллизации,
V_A — „ растворения,
e — концентрация насыщения,
u — пересыщение,
$e + u$ — концентрация раствора в каждый данный момент; при u, равном нулю, V_k и V_A также равны нулю; следовательно, K должно быть равно K', и

$$V_k = K.U, \text{ а } V_A = K.(-u);$$

таким образом, при одинаковой степени пересыщения и недосыщения скорость растворения должна быть равна скорости роста (при условии равенства поверхностей кристаллов). В действительности, опыты Marc'а показали, что процесс растворения многих тел протекает гораздо быстрее кристаллизации. В грубом приближении результаты эти таковы.

Название соли	t^0 опыта	Отношение V_A V_K
NH_4OH	0^0	4,3
K_2SO_4	0^0	7,7
K_2SO_4	9^0	10,0
$K_2Cr_2O_7$	0^0	5,7

Стремясь рассеять всякие сомнения, могущие возникнуть в отношении

[1]) К таким же выводам пришли также Blanc и Schmandt, работавшие позже Андреева по его методу (Zeitschr. f. Physik. Chemie, **77**, 1911, 614).

правильности полученных им результатов, Marc поставил дополнительные опыты, при которых кристаллизация проводилась на неподвижной крепко приставшей кристаллической корке, специально созданной на дне ранее описанного кристаллизатора (рис. 9).

Результаты опытов показали, что и при этом измененном методе скорость кристаллизации не зависит от скорости вращения, и что растворение проходит значительно быстрее, чем кристаллизация. Подтвердилось также и то положение, что при низких температурах константа кристаллизации пропорциональна квадрату пересыщения, а при более высоких (17° и выше)—пересыщению в первой степени.

Помимо этих, весьма ценных, наблюдений Marc'a особый интерес вызывает большая работа, проведенная им в целях выяснения влияния посторонних примесей на ход кристаллизации, а одновременно и растворения. Первые опыты выявили различное влияние на скорость кристаллизации K_2SO_4 некоторых солей: в присутствии KNO_3 она, в среднем, составила 0,65 нормальной для чистого K_2SO_4, в присутствии K_2CrO_4—0,75 а с Na_2CO_3—1,14, с K_2CO_3——1,66, с KCl даже 2,05. Проведенные далее наблюдения над действием красящих веществ, как примесей к пересыщенному раствору, обнаружили вполне определенную зависимость между их способностью окрашивать кристалл и их влиянием на скорость кристаллизации: метиленовая синь, вовсе не сообщающая кристаллу какой-либо окраски, не оказала никакого заметного влияния и на скорость этого процесса; вещества, слабо окрашивающие, понизили его в довольно значительной степени (вдвое); сильные красители (бисмаркблау, пунцовокрасная, хинолиновая желтая), хорошо окрашивающие кристалл, практически полностью приостанавливали кристаллизацию из пересыщенных растворов, так что, несмотря на присутствие большого количества „затравки", шестичасовое наблюдение не выявило никакого эффекта кристаллизации. Следует отметить, что количество этих примесей было вообще ничтожно: в опытах, выполненных при 0°, оно составляло 0,02—0,03 гр. на 100 кб. см. раствора.

Влияние на скорость кристаллизации различной концентрации красителя (хинолиновой желтой), определявшееся Marc'ом при 25°, графически представлено на рис. 10, где

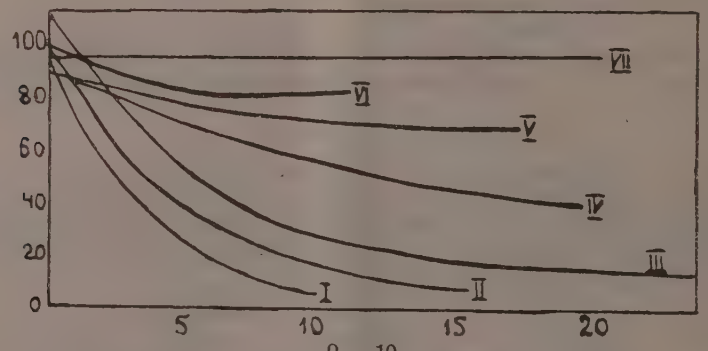


Рис. 10.

кривая I—изображает падение концентрации раствора в отсутствии красителя,

II—то же в присутствии 0,00125 гр. на 150 кб. см. раствора
III—то же „ „ 0,00625 „ „ 150 „ „
IV— „ „ „ „ 0,075 „ „ „ „ „
V— „ „ „ „ 0,0875 „ „ „ „ „
VI— „ „ „ „ 0,125 „ „ „ „ „
VII— „ „ „ „ 0,25 „ „ „ „ „

По оси абсцисс здесь отложено время в минутах, по оси ординат—пересыщение.

Как видно из полученных результатов, увеличение количества, вообще, крайне небольшого, прибавляемого красителя действует замедляюще, до тех пор, пока процесс оказывается совершенно приостановленным.

Напротив того, опыты растворения кристаллов, покрытых красящим веществом, показали, что этот процесс протекает почти с такой же скоростью, как в отношении чистых кристаллов.

Явления, наблюденные Marc'ом при работе с красителями, нельзя было не поставить в связь с другим явлением, подмеченным тем же автором. Как уже указывалось при описании его метода работы, при всех опытах первые отсчеты делались через $^1/_2$ минуты после внесения в раствор „затравки". При этом выяснилось, что втечение первой полуминуты результаты отсчетов K_A дают гораздо большую величину, чем K_M—средняя константа процесса кристаллизации за весь период. По вопросу о причине такого явления, Tammann высказал предположение о задерживающем влиянии тепла кристаллизации. Marc, однако, указал целый ряд фактов, говорящих против такого допущения. Если бы ход кристаллизации, говорит Marc, был до известной степени зависим от диффузии тепла из кристаллизующего слоя в окружающий раствор, то,—так как на эту диффузию, как и на диффузию веществ, оказывает влияние перемешивание,—скорость кристаллизации должна была бы зависеть от числа оборотов мешалки; с другой стороны, значение $\frac{K_A}{K_M}$ должно было бы уменьшаться при возрастании скорости вращения. Между тем, ни то ни другое не имеет места. Далее, значение $\frac{K_A}{K_M}$ должно было бы возрастать при увеличении скорости кристаллизации, например, при повышении температуры,—а оно, напротив, при таком повышении уменьшается. Marc приводит затем еще несколько доводов против предположения Tammann'а.

Специально поставленные опыты Marc'а показали также, что превышение K_A перед K_M особенно ярко выражено при работе с чистыми солями, незначительные же количества примесей, в особенности красителей, заметно понижают отношение $\frac{K_A}{K_M}$.

Учитывая все приведенные соображения и принимая во внимание результаты опытов с красителями, Marc убеждается в том, что быстро проходящий процесс, предшествующий собственно кристаллизации, и состоящий в истощении раствора, представляет собою процесс адсорбции, процесс концентрации вещества на поверхности кристалла. Что красители влияют не вследствие механического окружения кристалла, видно из того, что скорость растворения совершенно не зависит от их присутствия. Более того, когда Marc сначала покрасил кристаллы в насыщенном растворе, а затем уж растворял их в присутствии тех же красителей, влияние последних на скорость растворения ни в какой мере не могло быть обнаружено. То же имело место и при растворении кристаллов, окрашенных насквозь[1]).

Marc полагал возможным применить следующую формулу для выражения зависимости между скоростью кристаллизации и количеством красителей.

$$\lg v = \lg a + kz^{1/n}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (IV)$$

где v—константа скорости в присутствии z красителей;
a—соответствующая константа скорости в их отсутствии;
k—определяется из опытов;
$(\lg v - \lg a)$—равно тормозящему влиянию примесей;
$^1/n$—правильная дробь.

[1]) Полученных кристаллизацией из пересыщенного раствора в присутствии 0,05 гр. хинолиновой желтой.

Выяснилось, что некоторое совпадение величины начальных скоростей реакции, вычисленных по этой формуле, со скоростями, полученными экспериментально, имеет место для температуры в 25° при $^1 n = {}^2 3$, для 0°—при $^1 n = {}^1 2$. Следует однако, сказать, что совпадения в обоих случаях не могут быть признаны удовлетворительными.

Вполне понятно, что конечной целью наших исканий в области кинетики процесса кристаллизации является нахождение общих математических выражений для скорости протекания этого процесса. Но затруднения, которые при этом возникают, заключаются не только в трудностях экспериментирования в этой области. Основная и непреодоленная пока трудность обусловливается сложностью и неизученностью „механизма" процесса кристаллизации, заключающегося не только в передвижении молекул вещества, пересыщающих раствор, к поверхности „растущих" кристаллов, но и в сложных превращениях этих молекул, в сложной перегруппировке, предшествующей переходу вещества в другое аггрегатное состояние. Очевидно, этот последний процесс различно протекает для различных веществ, сильно влияя на скорость их кристаллизации; для некоторого уяснения его механизма необходимо знать, каково молекулярное состояние вещества, пересыщающего раствор, и какова группировка атомов или ионов в элементарном кристалле данного вещества. В отношении сахарозы этот вопрос был поставлен одним из нас [1]), при чем возможно было констатировать лишь некоторую вероятность пребывания сахарозы в ненасыщенных водных растворах, в известных пределах концентрации, в виде гидратов; но совершенно отсутствуют данные для суждения о „молекуле" кристалла сахарозы и о состоянии последней в пересыщенных растворах.

Marc пытается дать конкретное представление о механизме процесса кристаллизации, которое, в целом, не может быть принято в настоящее время, в связи с успехами рентгенографического анализа кристаллов, значительно расширившего область знаний о строении последних. Однако, с основной мыслью Marc'а можно согласиться. Он предполагает, что „кристаллические молекулы" заметно отличаются от большинства молекул раствора и что последние, прежде, чем быть отложенными на поверхности кристалла, должны подвергнуться соответствующему изменению.

Если этот процесс протекает со скоростью, большей, чем скорость диффузии, то для скорости кристаллизации будут получены величины, зависящие от диффузии; наоборот, при большой скорости последней (что достигается искусственным повышением подвижности среды путем перемешивания) кристаллизация проходит со скоростью, независящей от диффузии.

Основное, что в отношении механизма процесса кристаллизации Marc'у удалось доказать, что действие красителей обусловливается уменьшением активной массы в действующем слое: они вытесняют кристаллизирующееся вещество из адсорбированного слоя, становясь сами на его место. Благодаря этому, в адсорбированном слое создается концентрация вещества, не соответствующая той его концентрации в растворе, по которой мы, собственно, судим о процессе.

Blanc и Schmandt [2]), в общем, так же представляют себе механизм процессов кристаллизации и растворения, как и Marc. Они принимают, что в твердую фазу из адсорбированной переходят,—с большой скоростью, к тому же,—лишь правильно ориентированные кристаллические молекулы; процесс же ориентации проходит в адсорбированном слое с конечной скоростью, обусловливающейся ориентирующей силой соответствующей плоскости кристалла. Различное протекание процессов кристаллизации и растворения и

[1]) М. И. Нахманович: „О молекулярном состоянии сахарозы в водных растворах", Зик., т. I. стр. 184.

[2]) Z. f. Phyzikal. Chemie, **77**, 1911, 614.

объясняется, по мнению указанных авторов, тем, что при растворении ориентировка является излишней.

Никто из перечисленных авторов не производил наблюдений над кристаллизацией сахарозы. Первая попытка измерения скорости кристаллизации этого вещества из его пересыщенных растворов принадлежит Babińsk'ому и Berezowsk'ому [1]).

Указанные авторы пытались применить для этой цели первый метод Marc'a, но большая растворимость сахара и, как следствие этого, значительная вязкость пересыщенного раствора, затруднявшая отсасывание, заставила их отказаться от этого способа и выработать собственный метод.

Известно, что процесс кристаллизации сопровождается выделением тепла, количество которого зависит от количества выкристаллизовывающегося вещества. Это явление может быть использовано для измерения интенсивности процесса. Правда, последний не будет, при этом, изотермичен.

Babińsky и Berezowsky основали свой метод на измерении теплового эффекта кристаллизации. Установка, при которой они производили свои наблюдения, представлена на рис. 11.

Сосуд А, предназначенный для кристаллизации, необходимо было тщательно изолировать. Поэтому он был окружен несколькими слоями войлока и установлен в другом сосуде (В), погруженном, в свою очередь, в водяной термостат (С). Последний был также изолирован слоем войлока (М). На время опыта прибор закрывался войлочными же крышками (К и L). Такой изоляции оказалось достаточно для того, чтобы, при разности температур раствора и окружающего воздуха в 3—4°, изменение температуры первого не превышало 0,002—0,005° в минуту.

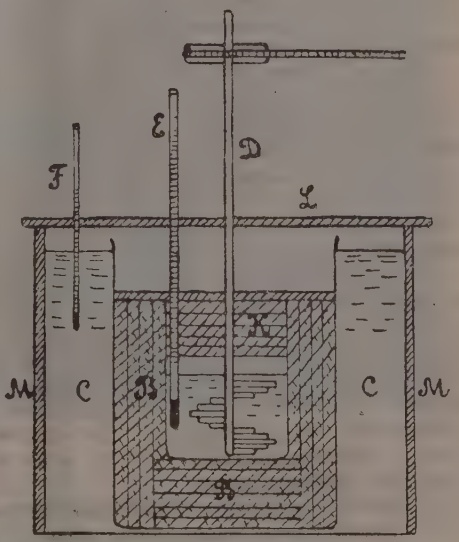


Рис. 11.

Пересыщенный раствор в сосуде А приводился в движение посредством мешалки Д. Форма последней, как указывают авторы, имела большое значение для характера протекания процесса, в особенности в начальный момент, когда необходимо было возможно быстрее засосать „затравку" и смешать ее с раствором. Число оборотов было ограничено 150-ью, так как при большем их числе раствор мог заметно нагреваться; при этой же скорости температура его (в 40—50°) повышалась, по словам авторов, лишь на 0,005—0,01° в минуту.

„Затравкой" служил рафинад, измельченный и просеянный через густой муслин. Применение более крупных кристалликов, обладающих при той же навеске меньшей наружной поверхностью, вело, с одной стороны, к медленной кристаллизации, а с другой—к выпадению „муки"—появлению вторичных кристаллов.

Изменение температуры раствора в процессе кристаллизации определялось помощью термометра Бекманна (Е), расположенного непосредственно около мешалки. Отсчет производился через каждые 2 минуты.

---

[1]) G. C., **39**, 1913, 483 и 503; **41**, 1913, 49 и 67.

Пересыщенные растворы приготовлялись путем растворения навески измельченного рафинада в определенном, отмеренном количестве воды, при температуре, превышавшей на 10—15° температуру насыщения. Полученный раствор фильтровали через ткань, снова нагревали до той же температуры и оставляли в закрытой колбе. Он должен был оставаться прозрачным втечение всего времени хранения, до опыта. Рафинад, применявшийся для работы, поляризовал 99,9; растворы его всегда были несколько окрашены ультрамарином.

Авторы исследовали процесс кристаллизации сахарозы из растворов двух различных пересыщений[1]) при разных затравках (от 5 до 150 гр. на 500 кб. см. раствора), а также выяснили влияние некоторых примесей: 3% глюкозы, 3% фруктозы, 3% инвертного сахара.

С увеличением количества „затравки" скорость процесса возрастала. Исследовавшиеся примеси не оказали на нее никакого заметного влияния.

Как отмечают сами авторы, наиболее точное отражение процесса при примененном ими способе можно получить лишь в первый период кристаллизации, так как в дальнейшем, при большей разности температур сред, с одной стороны, и при меньшем тепловом эффекте, обуславливающемся понижением концентрации, с другой,—более заметным становится влияние лучеиспускания и нагревания жидкости при работе мешалки.

Наличие указанных моментов делает интересный способ Babińsk'ого и Berezowsk'ого применимым лишь для определения *относительных* скоростей.

А. С. Сипягин[2]), при определении скорости кристаллизации сахарозы, пользовался методом, близким к методу Marc'a.

Сахарный раствор, насыщенный при температуре в 60°, помещался в пробирку и охлаждался до 20°. Далее, в раствор вводилась затравка (в целях относительно медленного протекания процесса, количество ее составляло 0,5 гр.), сосуд закрывался каучуковой пробкой, прикреплялся к валу водяного термостата и приводился в движение. Число оборотов вала сохранялось постоянным (42 в минуту).

Втечение первых 3½ часов „точное определение нельзя было еще производить по причине чрезвычайной густоты жидкости" и лишь после этого времени часть раствора отделялась от кристаллов отсасыванием через плотный холст помощью разрежения. Процесс такого фильтрования продолжался 10—12 минут и втечение этого времени „пересыщенная жидкость не могла значительно измениться по содержанию сахара, так как скорость этого изменения была очень невелика" (вследствие малой „затравки"). Содержание сахара в межкристалльном оттеке определялось поляризацией и пересчитывалось на единицу воды.

За скорость кристаллизации принимали вычисленное истощение раствора.

Таким путем были проведены наблюдения и вычерчены кривые, характеризующие скорость кристаллизации сахарозы из ее чистых растворов, а также в присутствии разных количеств калиевых солей уксусной, муравьиной, щавелевой и масляной кислот.

Выводы, сделанные А. С. Сипягиным на основании его работ, таковы:

1. Нужно считать, что кристаллизация чистого раствора сахара происходит почти всегда скорей, чем раствора с примесями.

2. Прибавки солей (особенно большие—до 50%) значительно задерживают кристаллизацию. Большинство кривых, полученных на диаграммах, имеют перелом, что характеризует заметное замедление кристаллизации по истечении известного промежутка времени.

Метод определения скорости кристаллизации сахарозы, примененный Сипягиным, дает, так же, как и метод Babińsk'ого и Berezowsk'ого, лишь относительные величины. В этом отношении выгодно отличается от них предло-

---

[1]) Работа при комнатной температуре производилась с растворами, насыщен. для 60° и 80°.

[2]) „Зап. кружка студентов специалистов по сах. произв. при Мсковском Технич. Уч.", II, 1915, стр. 24.

женный в 1921 г. профессором И. А. Кухаренко [1]) метод, дающий возможность получения абсолютных величин скоростей кристаллизации сахарозы.

Сущность метода такова.

Специально выращенные, с блестящими гладкими гранями, свободными от всяких образований и изъянов, кристаллы сахарозы весом от 2 до 12 гр., взвешенные и осторожно доведенные до температуры опыта, помещаются в литровые склянки с исследуемыми пересыщенными растворами. Необходимо полное отсутствие в растворе мельчайших невидимых центров кристаллизации, для чего он „стерилизуется", т. е. после того, как, по видимым признакам, растворение закончено, температура раствора еще втечение 1/2—1 час. сохраняется на 20—15° выше температуры опыта.

Погружение кристаллов в эти растворы производится после охлаждения последних точно до температуры опыта.

Склянки с растворами, герметически закрытые и зажатые в специальных зажимах, прикрепляются к диску (рис. 12), насаженному неподвижно на вал хорошо изолированного термостата большой емкости. Число оборотов вала, сообщающего непрерывное движение, как раствору, так и погруженным в него кристаллам, сохраняется постоянным (принимая во внимание значительную вязкость пересыщенных сахарных растворов, оно ограничивается 13—15-ью в минуту).

Рис. 12.

Время извлечения каждого кристалла из раствора по окончании кристаллизации, так же, как и момент его погружения, фиксируется с достаточной точностью. Извлеченные кристаллы немедленно и тщательно вытираются мягкой льняной тряпочкой (без ворсы) и взвешиваются.

Мера скорости кристаллизации установлена из тех соображений, что прирост кристалла (ΔP), имеющего первоначальный вес P, за определенное время (t) есть

$$f(S, \eta, t, q)$$

где η — скорость кристаллизации, выраженная в весовых единицах отложившейся на кристалле сахарозы, отнесенных к единице поверхности кристалла (S), а q — некоторый коэффициент, зависящий, в свою очередь, от пересыщения, доброкачественности и температуры маточного раствора. Если допустить, что ΔP, при некоторых значениях S, η и t, находится в пропорциональной зависимости от q, то, для одного и того же раствора, q будет величиной постоянной и, следовательно,

$$\Delta P = S.\ \eta.\ t$$

откуда

$$\eta = \frac{\Delta P}{S.\ t}$$

[1]) В.Ц.П., 1921, 1922, 1923; Зик. тт. I, II, III, IV, V.

т. е. скоростью кристаллизации в данных условиях пересыщения, доброкачественности и температуры маточного раствора окажется прирост в весе (в мгр.) в единицу времени (минуту), отнесенный к одному кв. метру поверхности наращиваемого кристалла.

Поверхность кристалла (S) может быть определена по его весу (P), на основании следующей зависимости

$$S = 4{,}12 \sqrt[3]{P^2}$$

для которой константа 4,12 найдена опытным измерением 15-ти крупных кристаллов.

Однако, поверхность эта, в процессе опыта, подвергается более или менее значительным изменениям. Строго говоря, средняя поверхность кристалла при непрерывном изменении его веса от P_1 до P_2 равна:

$$S_{ср.} = \frac{K}{P_2 - P_1} \int_{P_1}^{P_2} P^{2/3}\, dP$$

где $K = 4{,}12$.

Решая этот интеграл, в результате всех выкладок и преобразований получим:

$$S = \frac{3}{5} \cdot \frac{P_2 S_2 - P_1 S_1}{P_2 - P_1}$$

Применение последней формулы связано, однако, с довольно кропотливыми вычислениями, и точность получаемых с ее помощью результатов мало отличается от той, которая может быть достигнута при нахождении площади кристалла по среднему его весу на протяжении данного опыта:

$$S_{ср.} = K \sqrt[3]{\left(\frac{P_2 + P_1}{2}\right)^2}$$

Эта формула оказывается практически достаточной.

Большим числом работ, выполненных по описанному методу сначала в лаборатории Киевского Политехнического Института, а затем в Государственном Экспериментальном Институте Сахарной Промышленности, впервые даны количественные отношения между скоростями кристаллизации сахарозы, пересыщением раствора и его температурой, а также выявлена зависимость их от отдельных несахаров.

Заметный интерес к изучению вопроса о скорости кристаллизации сахарозы проявляется в настоящее время западноевропейской литературой по сахарному производству. Имеются также попытки создать новые методы определения этой скорости.

Так, Šandera [1]), работавший с очень вязкими, высокопересыщенными продуктами сахарного производства, не мог, именно вследствие вязкости растворов, применить какой-либо из известных методов. Он воспользовался, поэтому, различной дисперсией света, проходящего через прозрачный раствор и через раствор, содержащий кристаллы. Неоднородная среда, как отмечает Šandera, тем в большей степени задерживает свет, чем больше содержит малых плоскостей, рефлектирующих его по всем направлениям, или чем больше эти поверхности. Указанные соображения и положены в основу примененного им аппарата (рис. 13), представляющего собою обыкновенный колориметр, в один цилиндр которого—A—помещена склянка с исследуемой жидкостью, а в другой—B—налит темный раствор [2]).

[1]) Tsch., **60**, 1927, 401.

[2]) Если исследуемая жидкость сама окрашена, то в погружаемую трубку цилиндра *B* можно поместить либо цветной фильтр, либо такую же склянку, как и в первый цилиндр *(A)*, содержащую тот же раствор,—несколько разбавленный во избежание кристаллизации, но в соответственно более толстом слое. Цилиндр *B* может быть также заменен парой николей.

Скорость кристаллизации определялась по адсорбции проходящего света до кристаллизации и во время этого процесса. Так как отсчет требует очень мало времени и, по словам автора, практически не зависит от температуры, то склянку с раствором можно было часто вынимать из термостата: процесс отсчета не отражался на температуре и потому не оказывал задерживающего влияния на ход кристаллизации. Производя наблюдения в любые интервалы времени на протяжении всего опыта, автор получал ряд относительных величин, действительные значения которых устанавливались по ранее зафиксированной адсорбции света, вызывавшейся известным количеством равномерных кристаллов в насыщенном растворе. При такого рода калибровке аппарата выявилось, что определенное весовое количество больших кристаллов обусловливает меньшую адсорбцию света, чем то же количество меньших; однако, из приведенных автором кривых трудно усмотреть в этих отношениях какую либо закономерность: в одинаковых навесках кристаллов, имеющих в одном случае размеры 0,07, а в другом 0,09 кб. мм., наблюдается весьма значительная разница во влиянии на дисперсию света, в то время, как другие навески кристаллов, также отличных по размеру (0,09 и 0,30 кб. мм., 5,0 и 7,3 кб. мм.) показывают почти одинаковые результаты. Из этого автор находит возможным сделать тот вывод, что „нахождение приблизительной величины кристаллов до и после опыта необходимо лишь тогда, когда скорость кристаллизации определяется из мало пересыщенных растворов, где могут нарасти большие кристаллы; при сильно же пересыщенных растворах, где присутствует много мелких кристаллов, корректив на величину не так важен; если, например, объем кристаллов от 0,09 кб. мм. увеличится втрое, относительная адсорбция практически не изменится". На основании данных, опубликованных автором в реферируемой статье, едва-ли можно согласиться с таким выводом.

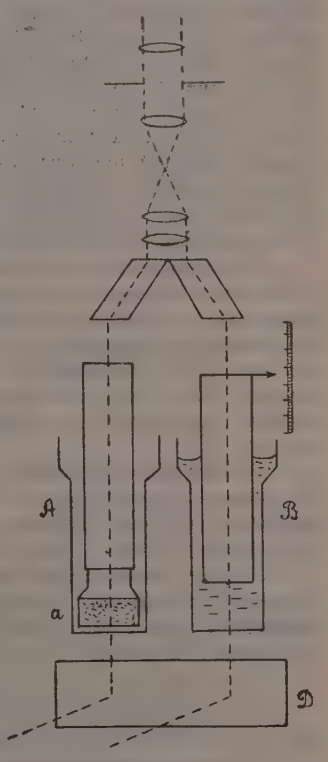


Рис. 13.

Результаты работ Šandera, выполненных с различными сахарными растворами, выявили определенную температурную зону для каждого пересыщенного раствора, внутри которой вещество способно кристаллизоваться. Эта зона ограничена, с одной стороны, той температурой, при которой раствор оказывается уже не пересыщенным (верхняя граница кристаллизации), с другой стороны, той, при которой вязкость—при понижающейся температуре—достигает такого значения, что вещество теряет способность кристаллизоваться (нижняя граница кристаллизации).

Cassel и Landt [1]) в лаборатории Германского Института по сахарной промышленности приступили к экспериментальной работе, посвященной вопросу об образовании зародышей кристалла и скорости кристаллизации в пересыщенных сахарных растворах. О методе, который авторы избрали для своей работы, в первых двух частях их сообщения нет никаких указаний.

Dědek [2]) выяснял влияние коллоидов на скорость роста зародышей кристаллов. При этом выявилось, что способ введения „затравки" оказывает исключительное влияние на ход кристаллизации: разница между двумя парал-

[1]) Z., 1927, 483.
[2]) Zeit. d. Ver. 1927 г., 495.

лельными опытами значительно превосходила влияние самих коллоидов. Автор отмечает, что особые трудности вызывала необходимость перемешивания раствора при заражении его макроскопическими кристаллами.

Поэтому Dědek остановился на следующем, выработанном им, методе.

Испытываемые растворы готовились недосыщенными; равные навески их брались в кристаллизационные чашечки одинаковой формы, устанавливавшиеся в эксикаторе над прокаленным $CaCl_2$, который, поглощая влагу из растворов, делал их пересыщенными. Растворы эти содержались „стерильно", т. е. защищались от контакта с воздухом, в особенности зараженным мельчайшими частицами сахара. Так приготовленные растворы, по словам автора, никогда, при сгущении в эксикаторе, не кристаллизовались самопроизвольно. Вместо равенства пересыщений всех испытываемых растворов в момент кристаллизации, необходимого для сравнимости результатов, в опытах Dědek'a, как отмечает автор, имело место лишь одинаковое процентное содержание сухих веществ, достигавшееся строго одинаковой первоначальной концентрацией, равной испарительной поверхностью и одинаковыми навесками всех первоначальных растворов. Что количество испаренной воды во всех чашечках, даже при технических растворах различной степени чистоты, было почти точно одинаково, установлено специальными опытами.

В определенный момент эксикатор открывался и растворы заражались рассеянной в воздухе сахарной пылью. При надлежащей концентрации достаточно было открыть эксикатор на несколько часов, чтобы растворы в короткое время выкристаллизовались полностью. Такое „заражение" достигалось без малейшего сотрясения или перемешивания. Следует представить себе, говорит Dědek, что сахарная пыль при этом способе медленно опускается, и число зародышей на протяжении всего процесса кристаллизации медленно растет.

Количество испарившейся воды определялось взвешиванием чашек, а содержание сухих веществ в межкристальном сиропе—рефрактометром. Вычисленное по этим данным количество выкристаллизовавшегося сахара служило мерой скорости кристаллизации.

Таким путем Dědek показал, что увеличение коллоидальных примесей в растворе сахарозы, вообще, задерживает кристаллизацию, но что первые порции их действуют относительно сильнее бо́льших количеств примесей. Различные коллоиды действует различно.

При описании работы по своему методу, автор констатирует, что растворы, наилучше кристаллизующиеся, дают малое число хорошо развитых кристаллов, плохо кристаллизующиеся—наоборот, большое число мелких.

Отсюда понятно, что поверхность растущих кристаллов, при сравнении помощью метода Dědek'a различных по кристаллизационной способности сахарных растворов, не остается одинаковой для каждого из сравниваемых растворов. Такое непостоянство одного из существенных факторов, влияющих на скорость процесса кристаллизации, должно отражаться на получаемых результатах, приблизительно, так же, как несоблюдение одинаковости величин „затравок" при пользовании, напр., методом Marc'a.

Это обстоятельство затрудняет возможность применения метода Dědek'a для определения хотя-бы относительных величин скоростей кристаллизации различных по составу продуктов сахарного производства.

Практическое значение вопроса о точном и удобном методе измерения скоростей кристаллизации вполне понятно: достаточно сказать, что наличие такого метода открывает перед нами возможность довольно точного учета влияния на скорость протекания процесса таких условий, как температура, пересыщение, вязкость среды, а также влияния различных посторонних веществ.

Как видно из приведенных здесь кратких обзоров, принципы положенные в основу предлагавшихся до настоящего времени способов измерения скоростей кристаллизации различаются значительным разнообразием. Можно, однако, указать на одну особенность, объединяющую большинство предлагавшихся способов определения: с их помощью скорость кристаллизации не выражает количества вещества, перешедшего в кристаллическое состояние, а представляет собою числовую величину, служащую лишь для сравнения быстроты протекания кристаллизационных процессов. Эти числовые величины можно называть относительными скоростями кристаллизации, в отличие от абсолютных, определяемых лишь методом Н. Н. Алексеева и И. А. Кушнера, в каждом конкретном предпочтительнее с протекающим процессом роста кристаллов, характеризуя его количеством вещества, выделяющегося из переохлажденного раствора за единицу промежутка времени.

Методы определения абсолютных скоростей кристаллизации особенно ценны тем, что получаемые при этом величины являются не только средством сравнительной оценки кристаллизационных процессов, протекающих в тех или иных условиях, но могут служить и для расчетных целей.

Следовало бы лишь пожелать за границей за разработку в направлении максимального упрощения и повышения их чувствительности.

Получена редакцией 11 января 1927 г.

Опыты выжигания уноса от антрацитов.

Инж. Н. Ф. Шишковский.

В связи с переходом большинства паровых заводов на антрацитный режим вопрос выжигания уноса становится вопросом актуальным, способствующим увеличению мощности котлов.

Еще в конце прошлого производства 1926 г. у меня возникла мысль использовать унос из камер, дымогарных труб и второго дымохода котлов системы Фербенд, а также и унос, получающийся в зольниковых ямах, во втором дымоходе водотрубных котлов, так как весь этот унос должен содержать горючего в нем в 3—7%. Но в производственный 1926 г. за малым временем поставить соответственные опыты короткое производство—9,5 суток—и необходимость почему-нибудь начинать за работой новых антрацитных топок, устроенных в 1926 г. практическую работу этого котла нельзя, а они не всегда дорогие удовольствия).

В начале производства 1927 г. я снова поднял этот вопрос, чтобы подготовить унос и выжигать его. С моей мысли директора завода и до его отъезда были взяты на выжигание уносовых отложений по способу Эггерт-Фишера отдельные дымовые камеры. Унос вручную был перенесен с топочной (1 ведро холодной пыли на 2 ведра горячей золы по общей влажности 12—15%). Влажность золы с целью пыли уменьшалась и поступала на выжиг на обычных котлах. Но брикеты эти в своих очень долго не выжигались,— больше, чем 1 неделю,—и потому способ этот был оставлен как нерентабельный. Полученные „брикеты" правда, были достаточно крепки, не рассыпались, но приготовление их отнимало слишком много времени, часть и рабочей силы.

Унос из камер и дымогарных труб котлов, бывших в работе, а после остановки котла из дымовых и из второго дымохода—котлов системы Фербенд, а также унос, выпадавший в зольниковой яме котлов системы Фишер-Тропов, сжигали около годичного отдела от котлов. Перед концом производства, а именно 28.XI. 27 г., приступлено было к использованию этого уноса, для чего произведено было испытание котла на дутье—смеси уноса — П. М.

При опыте I был проведен следующий принцип смешивания: 50% уноса и 50% П. Ж., со ст. Макеевка Донбаса, свешивали и ссыпали на площадке, перед окнами в стене, через которые подается топливо к котлам. Два подкидальщика кидали лопатами, по очереди, унос и П. Ж. через окно в паровичную, чем достигалось довольно хорошее перемешивание. В паровичной же эту смесь смачивали еще водой до влаги, как показал анализ,—14,8%, при первоначальной влаге 4,5—6%% (см. опыт I). Испытание дало хорошие результаты и потому на другой день, 29.XI. 27 г., начали давать топливо-смесь в топки двух водотрубных котлов, без прибавления какого-либо иного топлива.

С этого же дня и до конца, пока хватило уноса, собранного за три четверти производства, эти два водотрубных котла шли исключительно на смеси, причем к смеси, в равных количествах уноса и П. Ж., прибавляли в сутки, приблизительно, еще 20 ведер кормовой патоки (в пропорции: 1 ведро патоки на 2 ведра воды), а затем поливали еще смесь водой из шланга так, чтобы влажность была 10—12% (при опыте 2, 29. XI. 27 г., влажность была 15,2%), для уменьшения уноса при сжигании смеси. Первоначальная влажность смеси до увлажнения была 4,5—6%.

Дальнейшие опыты показали, что если бы унос, смешавши с раствором патоки и П. Ж., положить в теплое место, то можно бы получить эту смесь в виде лепешек или плотных кусков; но, за отсутствием соответствующего места, пришлось сжигать эту смесь без высушивания.

Результаты испытаний приведены в двух протоколах.

	ОПЫТЫ	
	1	2
Дата испытания	28-xi-27 г.	29-xi-27 г.
Начало „	11 ч. 45 м.	8 ч. —
Конец „	21 ч. —	19 ч. —
Продолжит. „ (с одной чисткой)	9 ч. 15 м.	11 ч. —

Система котла — водотрубный Фицнера-Гампера.

Поверхность нагрева кв. мт.	125
Пароперегревателя и экономайзера	нет
Площадь колосниковой решетки кв. мт.	2,83
Тоже в %% от поверхности нагрева %%	2,26
Живое сечение „	9,0
Расстояние между краями отверстий плит мм.	40 × 31
Высота топки у порога „	1055
„ „ „ дверец „	1185
Объем топочного пространства кб. мт.	3,122

Топочное пространство и высота его—недостаточные (но большими их сделать нельзя по местным условиям), что отражается на количестве уноса, а также на напряжении поверхности нагрева, тепловом напряжении топки и т. п.

Шлаки получались твердые, не тягучие и достаточно пористые. Чистка топки водотрубного котла (с разведением огня) продолжалась 35—40 мин. (Ферберна—25—30 мин.).

Количество уноса от смеси, в %-ом отношении, увеличилось по сравнению с таковым при сжигании антрацита: при сжигании А.Р.Ш. с прибавлением 25—30% каменных углей, в водотрубных котлах, в среднем, унос был 1,5%; при А. С. с прибавлением ∾ 20% каменных углей, в котлах Ферберна, унос был 2,0%; при А. М. с прибавлением ∾ 15 % каменных углей, в котлах обоих систем, унос составлял 1,2—1,6%. Таким образом, должно было накопиться около 800 мц. уноса со всех котлов за все производство, но фактически было собрано и подвергнуто выжиганию 511 мц., так как часть, как малопригодная, была вывезена к шлакам; часть осталась в дымоходах и бо-

	Род топлива	Вес топлива кгр.	Тоже в % от общ. веса	Анализ топлив. Центр. Лаборатории У. Ф. Ц. (Верхнячский заказ)											
				W	A	Λ	$Q_в^б$	$W^р$	$A^р$	$\Lambda^г$	$Q_H^г$ [1]	$Q_H^р$ [2]	β [3]	$C^р$ [1]	$H^р$ [1]
Опыт 1	**Смесь:**														
	П. Ж.	1830	51.6	0.99	21.08	8.8	6288	14.8	18.14	11.3	7857	5180	0.10	62.94	2.66
	Унос	1715	48.4												
	Всего	3545													
				Условного = 2617.6 кгр.											
Опыт 2	**Смесь:**														
	П. Ж.	1991	48.8	1.42	21.29	11.46	6329	15.2	18.31	15.02	7948	5193	0.101	61.15	3.23
	Унос	1991	48.8												
	Кормовая патока	98	2.4												
	Всего	4080													
				Условного = [illegible] кгр.											

	ОПЫТ 1	ОПЫТ 2
Количество чисток (1—в средине, 1—после опыта)	2	2
Количество выгреба (шлака и провала) . . . кгр.	567	657
„ „ в % от топлива	16.0	16.1
% горючего в выгребе по анализу Каменогор. лаб.	13.0	13.0
Количество уноса („окончательного") . . . кгр.	142	160
„ „ в % от топлива	4.0	3.9
% горючего в уносе по анализу Каменог. лабор. „	48.0	48.1
Газы у шибера: CO_2 . . . . . „	11.05	11.08
$CO_2 + O_2$ . . . . . „	19.8	19.75
CO . . . . . „	0.12	0.18
Коэффициент избытка воздуха . . . . . „	1.69	1.68
Давление пара по манометру . . . . кгр. кв. см.	9.4	9.5
Полное теплосодержание пара по Кноблаух у. Кал.	662.7	662.85
Теплосодержание пара за вычетом тепла воды „	559.0	557.4
Температура отходящих газов у шибера . . Ц.	321.6	307.8
„ „ в борове . . . „	231.8	236.3
воздуха в воздухопроводе „	26.6	24.8
питательной воды после насоса „	103.6	105.3
Тяга: в топке . . . . . мм. в. ст.	3.8	4.3
перед шибером . . . . . „ „ „	9.7	
дифференциальная . . . . . „ „ „	5.9	
подпор (в среднем) . . . . . „ „ „	20.2	
„ максимум . . . . . „ „ „	40.0	
„ (минимум) . . . . . „ „ „	7.0	
Сопротивление слоя топлива . . . . . „ „ „	24.0	
Баланс тепла.		
Использовано тепла (по обратному балансу) . Q_1	65.1	66.0
Потери в отходящих газах в трубу . . . . . Q_2	20.0	18.7
„ от химической неполноты горения . . Q_3	0.7	1.1
„ „ механической „ „ . . Q_4	6.2	6.2
„ „ лучеиспускания кладки . . . . . Q_5	8.0	8.0
Выпарено воды за время испыт. по подсч. из Q_1 кгр.	21385	25087
Напряжение поверхн. нагрева видимое кгр. кв. мт.	18.5	18.25
„ колосн. реш. по действ. топл. вид. „ „	134	131
Испарительность действительн. топлива видим. кгр.	6.03	6.14
„ условн. 7000 Кал. „ „ „	8.17	8.3

[1] $Q_H^г = \frac{100 \cdot Q_в^б}{100 - (A + W)} 54H$, причем в опыте 1 : 54H = 213 Кал., в оп. 2 : 54H = 240 Кал.

[2] $Q_H^р = \frac{100 - (A^р + W^р)}{100} Q_H^г - 6\,W^р$

[3] По таблицам, в зависимости от $\Lambda^г$

рове, а кроме того, вообще, начали собирать годный унос лишь спустя три недели после начала производства.

Годный унос получился от сжигания таких топлив: под водотрубными котлами (1 шт.—125 кв. мт. и 2 шт. по 126,93 кв. мт.) было сожжено за производство:

А. М.	А.Р.Ш. + отсев А. П.	П. Ж. и П. С.
∽ 2500 мц.	∽ 9000 мц.	∽ 3000 мц.

под котлами Ферберна (3 шт. по 200 кв. мт.).

А. М.	А. С.	П. Ж. и П. С.
∽ 5500 мц.	∽ 8000 мц.	∽ 3000 мц.

Количество горючего в „окончательном“ уносе после сжигания смеси уменьшилось с цифры 60—70% до 48%. Выходит, что при выжигании уноса возможно использовать до 75% % горючего, бывшего в нем; если же смесь—унос + П. Ж. + раствор кормовой патоки брикетировать и подсушивать или просто подсушивать, чтобы получились лепешки или компактные куски, то можно использовать до 80% горючего, заключающегося в уносе. Вообще же, количество „окончательного“ уноса, который остался, как отброс, после выжигания уноса, составляет меньше, чем 0,5% от всего топлива, сожженного за время производства, считая в том числе унос, оставшийся в дымоходах и борове (его удаляют во время чистки котлов в ремонтный сезон).

Коэффициент избытка воздуха (около 1,7) немного велик для такого порошкообразного топлива, как вышеуказанная смесь, но поясняется необходимостью—при малом топочном пространстве и ручной закидке.

Температура отходящих газов у шибера выше таковой при сжигании антрацитов (общая за производство по водотрубным котлам составляла 257°). Надо заметить, что $T_{ух.}$ во время испытаний котла на топливе-смеси, вследствие заноса труб, увеличивалась, приблизительно, на 4—5° в час, а за сутки увеличивалась от начальной, после чистки, температуры 300° до 360—380° перед следующей чисткой (от сажи и золы). Такая чистка (обдувка) производилась один раз в сутки.

Теплый воздух вентилятор забирал из паровичной.

Для сравнения с вышеуказанными балансами тепла, привожу средние данные баланса за производство 1927 г. по водотрубным котлам:

Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
71,14%	14,05%	2,17%	4,64%	8,0%

Наконец, подсчитаем, к какой экономии привело и может привести выжигание уноса. Подсчет экономии веду по водотрубным котлам „высокого давления“ (3 шт.).

За 7 суток перед опытами, т. е. с 21. 27. XI было сожжено:

А. М.—1210,19 мц. П. Ж.—298,7 мц.

В среднем, сожжено за 1 сутки на сумму:

А.М. . . . . $\frac{1210{,}19 \cdot 2 \text{ р. } 35 \text{ к.}}{7} = 406 \text{ р. } 28 \text{ к.}$

П.Ж. . . . . $\frac{298{,}7 \cdot 2 \text{ р. } 50 \text{ к.}}{7} = 106 \text{ р. } 68 \text{ к.}$

Всего 512 р. 96 к.

Выжигание уноса производилось на протяжении 9 суток, т. е. с 28.XI—6.XII. 27 г. Условия производства в эти 2 периода были совершенно одинаковы.

За 9 суток, по предыдущему, было бы сожжено на сумму:

512 р. 96 к. × 9 = 4616 р. 64 к.

За эти же 9 суток фактически сожжено, кроме уноса, топлив на сумму:

А. М. П. Ж. Кормовой патоки (8 суток)

$865{,}6 \cdot 2{,}35 + 698{,}9 \cdot 2{,}50 + 20 \text{ вед.} \cdot 8, \cdot 40 \cong 3845 \text{ р. } 40 \text{ к.}$

Таким образом, экономия составляет:

$$4616 \text{ р. } 64 \text{ к.} - 3845 \text{ р. } 40 \text{ к.} = 771 \text{ р. } 24 \text{ к.}^{1}).$$

Вся эта экономия приходится на унос, которого сожгли в количестве 511 мц.; таким образом, 1 мц. уноса дает экономии:

$$\frac{771 \text{ р. } 24 \text{ к.}}{511{,}0} = 1 \text{ р. } 50 \text{ к.}$$

Если бы собирали весь унос с начала производства 1927 г., в количестве $\sim$ 800 мц., то экономия была бы 1200 р.

К сожалению, мне в настоящее время неизвестно число всех сахарных заводов, шедших на топливе-антраците в производство 1927/28 г.г., и количества сожженных в них минеральных топлив; тогда можно было бы более или менее точно подсчитать экономию от выжигания уноса, но я и так думаю, что можно было бы получить экономии не меньше 100.000 р. и даже больше, если бы все сахарные заводы применяли выжигание уноса.

Последняя цифра сама показывает, что выжиганием уноса стоит заняться в масштабе всего Сахаротреста, а тем более рекомендуется—во всесоюзном масштабе, во всех заводах, имеющих антрацитные топки и сжигающих антрациты.

(Получена редакцией 26 марта 1928 г.)

Эпоха возникновения и первоначального развития свеклосахарной промышленности Европы в свете прежних и новейших источников.

(К 125-тилетнему существованию мировой свеклосахарной промышленности).

Проф. В. М. Ландо.

II. Зигзагообразные пути возникновения и начальные фазы развития свеклосахарной промышленности Франции.

От полного упадка до начала нового расцвета свеклосахарной промышленности Франции. Со временем господства династии Бурбонов и царствования Людовика XVIII (1814—1830) совпадают как выявившееся в начале реставрации почти полное исчезновение зародившейся после стольких усилий новой отрасли европейской промышленности, так и наметившееся к концу реставрации восстановление этой отрасли, ознаменовавшееся вскоре началом нового прочного и длительного расцвета ее—сперва во Франции, а затем и в других странах Европы.

После падения Наполеоновской империи и отмены континентальной системы, для созданной и опиравшейся на искусственные подпорки новой промышленности Франции наступили тяжелые разорительные времена. Английские товары хлынули с неудержимой силой на французский рынок и затопили первые побеги разных, созданных Наполеоном и выросшей при нем промышленной буржуазией, отраслей производства. Свеклосахарная промышленность Франции (да и остальных стран Европы) в наибольшей мере испытала на себе смертоносные удары надвинувшейся из Англии и ее колоний товарной лавины. „Als Napoleon stürzte, flog ihm in den Falten der Toga Kontinentalsperre und Rübenzuckerindustrie nach", изобразительно замечено как-то Биттманом. Это, конечно, имело бы место от одного факта наводнения Франции дешевым колониальным сахаром. Но не надо забывать, что французские свеклосахарные заводы подверглись еще к тому и насильственному уничтожению, ибо в некоторых источниках той эпохи прямо указывается, что после битвы при Ватерлоо англичане на своем пути на Париж разрушили все свеклосахарные заводы Франции.

[1]) При условии, что на: 1) взвешивание и ссыпку уноса и каменного угля ПЖ перед окнами паровичной, 2) на подкидывание лопатами по очереди уноса и каменного угля через окно паровичной и 3) на смачивание смеси уноса и каменного угля в паровичной водой и разведенной патокой—не расходовано добавочной рабочей силы. *Примеч. редак.*

Впрочем, судьбу свеклосахарных заводов Франции разделили тогда и заводы других стран, хотя они там и не подверглись насильственному уничтожению, а погибли из-за непосильной конкуренции с наводнившим Европу дешевым колониальным сахаром. В иных источниках указывается, что все заводы Европы тогда закрылись и только один завод Креспеля во Франции сумел пережить эту разруху. Трудно установить, действительно ли во всей Европе уцелел один только этот завод, но из трехсот заводов Франции он остался, повидимому, временно только один действующим. Так, Д. Сидерский утверждает, что, благодаря наводнению Франции колониальным сахаром и падению цен его до 1,50 франка за килограмм, „все заводы, за исключением Креспель-Делисса, закрылись и открылись лишь гораздо позже, после учреждения новых налоговых пошлин на ввозимые сахара“ [1]).

Такое же утверждение мы читаем в более раннем и не менее компетентном источнике, а именно в книге Дюро, писавшего: „События 1814 г. нанесли ужасающий удар зарождающейся индустрии, продукты которой оказались вытесненными колониальным сахаром, наводнившим наши гавани. Цены упали ниже 1,50 фр. за килограмм; все заводы свекловичного сахара, исключая завод г. Креспель-Делисса, никогда не терявшего мужества, перестали работать, и о свекловичном сахаре больше не говорили, простирая недоверие к последнему и на правительство, которое пыталось насадить эту индустрию в нашей стране“ [2]).

Необходимо в общем признать, что встречающиеся в литературе сведения и данные о ближайшем за падением Наполеона десятилетии очень скудны и противоречивы. По Принсен-Герлигсу, например, сахарная промышленность Франции, благодаря влиянию Шапталя и Домбаля, стала быстро оживать, так что „в 1815 г. еще было около 100 сахарных заводов во Франции и среднее годичное производство свекловичного сахара доходило до 1000 тонн втечение годов 1816—1821“ [3]). Там же указывается, что сахарная промышленность Франции извлекала в это время большие прибыли вследствие сильного обложения иностранного сахара при параллельном освобождении туземного от каких бы то ни было налогов. В других источниках мы не находим столь утешительных данных и сведений об этих *ближайших* за падением Наполеона годах. Подавляющее большинство заводов, созданных в эпоху Наполеона, бесследно исчезло, то же значительное число этих заводов, которое пустило достаточно глубокие корни, чтобы пережить в будущем бурю и непогоду, снова восстановило свое производство и стало обнаруживать признаки жизни лишь с начала 20-х годов.

Правда, говорит Шиппель, время безмерных надежд и планов надолго прошло. Даже скромная вера в медленное достижение равенства производства с тропическими странами, в конце-концов, едва ли имела приверженцев. Все, что мыслило самостоятельнее и более критически, предвидело, то с сердитой досадой, то со склонностью к насмешкам, в качестве неизбежного конца наступление последнего основательного уничтожения, которое не следовало искусственно замедлять [4]). Обычный в то время оппортунизм, который,

---

[1]) См. D. Sidersky.—„La Fabrication du Sucre“, стр. 56.

[2]) См. „L'industrie du Sucre depuis 1860 (1860—1890) par *B. Dureau* (основатель и первый редактор „Journal des Fabricants de Sucre“), Paris, 1894, стр. 2.

[3]) См. H. C. Prinsen Geerligs.—„The World's Cane Sugar Industry past and present“, Manchester, 1912, стр. 17.

[4]) Такое же настроение правительственных и общественных кругов, такое же отношение их к сахарной промышленности имело место и в других странах—даже на родине возникновения ее, в Германии. Показателен следующий факт. Когда барон фон Коппи, вернувшись из Франции после участия в освободительной войне, снова восстановил свой завод Krayn, он употребил наилучшие методы производства сахара (отчасти позаимствованные им на заводе Креспеля) и решил экспонировать продукты своего производства на общепромышленной выставке во Франкфурте на Одере в 1818 г. Судьи жюри объявили, что „сахар так же хорош, как наилучший индийский, и что производитель заслуживает золотую медаль, но что ему может быть присуждена только бронзовая медаль, *потому что после отмены континентальной блокады не своевременно поощрять такую индустрию*“. (Dass der Zucker so gut sei als der

в конце-концов, господствовал над политической практикой, хотел, по крайней мере, не дать погибнуть тому, что возникло к жизни в доверии к государству. Наконец, дальнейшие государственные жертвы извиняли указанием на поднятие французского сельского хозяйства. Особенно Шапталь был неутомим в восхвалении обогащения полей, повышения урожайности хлебных злаков и увеличения количества скота, как следствие свекловичных посевов.

Заметим также, что, кроме Шапталя, исключительное влияние принадлежало и Домбалю (Mathieu de Dombasle). Домбаль был выдающимся агрономом эпохи первоначального развития свеклосахарной промышленности Франции. В 1812 г. он выпустил брошюру о фактах и наблюдениях над производством свекловичного сахара. В послеНаполеоновское время, когда свеклосахарная промышленность пришла в состояние полного упадка, Домбаль был одним из наиболее вдохновенных борцов за ее восстановление, наиболее верившим в ее будущее. Он предвидел блестящее развитие производства сахара во Франции, говоря, между прочим, о возможности доведения цен свекловичного сахара до 30—40 франков за 100 кгр.

Новая попытка насадить эту индустрию во Франции в этот период сопровождалась борьбой с колониями, которым благоприятствовала сверхпошлина на иностранный сахар в 60 фр., почему они испытывали возрождение производства и снова стали импортировать во Францию огромное количество сахара (в 1816 г. более 17 мил. кгр. сахара). Пошлина на ввоз французского колониального сахара была в 40 фр., но туземный сахар во Франции тогда еще вовсе не облагался, почему он оказался в преимуществе перед колониальными странами и в 1822 г. начал снова подавать признаки жизни. В 1825 г. регулярно функционировало около 100 сахарных заводов, вместе производивших, приблизительно, 5 мил. кгр. сахара. Они существовали в окрестностях Парижа, в Артуа, в Турени, в окрестностях Нанси и в разных других пунктах территории. Таким образом, можно сказать, что на исходе первой четверти XIX века победа свекловичного сахара во Франции уже наметилась и он вступил в индустриальный период своего развития, став отныне совершившимся фактом.

В конце 20-х годов, говорит Пааше [1]), существовало уже 58 заводов, преодолевших первые технические трудности и явивших пораженному миру пример того, что и в странах умеренного пояса возможно производить сахар в больших количествах („und der erstaunten Welt den Beweis lieferten, dass es möglich sei, auch in den Ländern der gemässigten Zone Zucker in reicher Menge zu erzeugen"). С того времени Франция долгое время стояла во главе европейских стран—производительниц сахара, и только полвека спустя была опережена Германией и другими странами.

Дюро сообщает такие сведения о состоянии культуры и производства эпохи. Начинают проявляться заботы в выборе свеклы; отказываются от желтой и красной свеклы и предпочитают белую силезскую. Начинает вводиться механическая сеялка и пробуют конную борону для первых обработок. Срезание свеклы производится заступом и в ряду. Средний выход составляет 25.000 кгр. с гектара, а плотность сока от 6 до 7 градусов. Вводят цилиндрическую резку с механическими двигателями, заменяющую ручную терку. Употребляют, как двигательную силу, волов и лошадей и вводят гидравлический пресс, приводимый в движение людьми. Сока извлекается 70%. Для жома употребляют ивовые плетенки и мешки из полотна. Дефекация производится с помощью извести, а сатурация серной кислотой. Кон-

beste indische und dass der Verfertiger die goldene Medaille verdiene, dass ihm aber nur die bronzene verliehen werden könne, *weil nach Aufhebung der Kontinentalsperre es nicht mehr zeitgemäss sei, eine solche Industrie zu befördern*". Эта цитата взята из написанного в 1919 г. предисловия д-ра Bruno Bruckner'a к переизданной книге von Koppy auf Krayn: „Die Runkelrüben-Zucker-Fabrikation", 1810, стр. 26. Курсив текста).

[1]) См. Dr. Hermann Paasche.—„Zuckerindustrie und Zuckerhandel der Welt", Jena, 1891, стр. 57. Курсив наш.

центрация производится на самом огне, а очищение с помощью крови, молока, яиц, угольного порошка; фильтры заимствуются у рафинерного искусства. Расходы по устройству одного завода составляют 50.000 фр. Продукты производства из свеклы: сок—70% и жом—30%; выход: 3 или 4% сахара и 5% мелассы. В это же время Креспель-Делисс заявлял, что извлекает 5% сахара и 4,8% мелассы; он вычислял себестоимость 100 кгр. в 62 фр.

В просмотренном нами, имеющем уже почти столетнюю давность, руководстве Блашетта и Зоэга приведены такие весьма любопытные для того времени (20 годов) две калькуляции себестоимости производства свекловичного сахара [1]). Первая из них более подробная и представляет калькуляцию производства, составленную Матьё де Домбалем, а вторая представляет структуру себестоимости сахара по основным статьям на заводе Креспель-Делисса по данным Дюбренфо [2]). Надеемся, что современный читатель, столь интересующийся вопросами калькуляции и себестоимости, отнюдь не посетует по поводу нашей попытки ознакомить его с известными нам по французской литературе наиболее старинными образцами калькуляции производства сахара, из коих первая является заодно годичной сметой производства.

I. Годичная смета производства и калькуляция себестоимости сахара (по Матьё де Домбаль).

Матьё де Домбаль берет за основу завод, переработка которого равна 4500000 фунтам свеклы за 150 дней кампании. Он считает стоимость всего оборудования завода в 70.000 франков.

Расходы производства:		
Стоимость 4.500.000 фунтов свеклы	67.500	фр.
Дрова 800 „ “ по 24 фр.	19.200	„
Содержание 8 лошад. и 2 людей втечен. 150 дн. по 20 фр.	3.000	„
Серная кислота, известь, бумага и пр.	1.380	„
Уголь животный	7.000	„
Освещение	800	„
Фильтры шерстяные и бумажные	400	„
Фильтрпрессное полотно	300	„
Ремонт машин и налоги	5.000	„
Канцелярские и непредвиденные расходы	2.000	„
Жалование и зарплата:		
1-му директору	3.000	„
2-м приказчикам по 600 фр.	1.200	„
1-му рафинеру	2.400	„
4-м мастерам	2.000	„
Рабочая сила:		
62 мужчинам и 2 женщинам втечение 150 дней, считая по 1.20 фр. мужчине и по 1 фр. женщине . . .	11.000	„
Проценты на вложенный капитал по 6%	12.000	„
Всего	208.180	„

Доход: При выходе в 2% получается 90.000 фунтов рафинированного сахара, который обходится в 1,53 фр. за фунт, не считая стоимости продуктов, остающихся от производства. В это же время цена сахара в Париже была 2,40 фр. за килограмм.

---

[1]) См. Blachette et Zoéga.—„Manuel du fabricant et du raffineur de Sucre“, Paris, 1833, стр. 253—255.

[2]) Отметим здесь, что если *Mathieu de Dombasle* известен был своей работой в пользу сах. пром. и своей книжкой „Fait et observation sur la fabrique de sucre de betteraves“ еще с 1812 г., то *Dubrunfauts* своим трудом „Art de fabriquer le sucre de betterave“, издания 1825 г., как бы подвел итоги всей предшествовавшей эпохе, дав обстоятельный обзор всех опытов и химико-технических достижений в свеклосахарной промышленности.

II. Калькуляция себестоимости сахара на заводе Креспеля по данным Дюнбренфо:

Стоимость производства за 1000 кгр.:

Стоимость свеклы	15	фр.
Рабочая сила	12	„
Прочие расходы	12	„
Всего	39	фр.

Выход из 1000 кгр.:

Сахара-сырца из расчета 5%—50 кгр. по 1.40	70	фр.
Мелассы 40 кгр. по 8 фр.	3,20	„
Жому 300 кгр. по 15 фр. за тысячу кгр.	4,50	„
Всего	77,70	фр.
За вычетом расходов	39	„
Прибыль	38,70	фр.

Возростающее процветание новой индустрии, прибыль, получением которой заводчики хвастали, привлекли внимание правительства и во время обследования, которое имело место в 1828 г., последние были предупреждены, что скоро их производство будет подвергнуто обложению. Этот проект обложения, оставленный вследствие событий 1830 г., был возобновлен только в 1836 г., когда туземное производство составляло уже около 40 мил. кгр. При наличии такого количества сахара, совершенно свободного от налогов, казна не хотела более терять своих фискальных прав. Начинается новый экономический период в производстве сахара, когда едва окрепшая индустрия должна уже бороться не только с затруднениями производства. Прогресс производства с 1825 по 1836 г. был чувствителен и очевиден по одному числу заводов: их было 436 в 37 департаментах. Производство туземного сахара вышло, очевидно, из младенческого периода, но оно должно было вскоре выдержать большую борьбу на экономической почве: его собирались обложить налогом и вскоре (18 июля 1837 г.) был установлен налог с производства в 15 фр. за 100 кгр.

Выше уже указано было, что в посленаполеоновское время свекловичный сахар скоро превозмог критическое положение, ибо он пользовался всеми государственными льготами, которые получало французское колониальное производство, но в значительно усиленном размере. Сверхпошлина на иностранный сахар приносила образованию его собственной цены такую же пользу, как и французскому колониальному сахару; но последний все еще облагался нормальной пошлиной, для свекловичного сахара же отпадала всякая пошлина, а также всякий внутренний эквивалент пограничной пошлины. „Выдача премий по экспорту рафинированного сахара, взимание дополнительных пошлин (surtaxe de pavillon) с кассонады, импортируемой иностранными кораблями, увеличение таможенных пошлин, устанавливающих все более и более покровительственные тарифы на сахар французских колоний—таков был общий смысл и направление законодательных мер, предпринятых с 1816 по 1830 г. При этом режиме протекционизма и возрастания тарифов, производство свекловичного сахара, остававшееся свободным от всяких обложений,—начало несколько развиваться“ [1]).

Этими налоговыми преимуществами вызывалось и то, что временами производство свекловичного сахара распространялось с молниеносной быстротой. В тот период, по выражению Гагемайстера, вторично было „время обмана и воодушевления в народе, когда ожидали, что отечество превратится благодаря этой новой находке в Эльдорадо“. В 1827 г. произвели 5 миллионов кгр. свекловичного сахара, но затем успех стал наростать с поражающей быстротой: через несколько лет производство упятерилось. В 1835 г. уже удалось выбросить на рынок 30 мил. кило, год спустя 35, затем 45 мил. кгр.

[1]) „Manuel du service des sucres et des glucoses“ par *P. Turquin* avec la collaboration de J. Lafont. 1905, стр. 4.

При обследовании 1828 г. насчитали 58 заводов и 3130 гектаров земли под свеклой в 21 департаменте. В последующие же годы, рассмотрение которых не входит в задачи настоящего очерка, число заводов выросло со значительной быстротой. В 1836 г. уже было 400 заводов, которые переработали урожай с 16.700 гектаров, и уже 36 департаментов принимали участие в этой многообещающей отрасли производства. Уже в то время наметилась географическая концентрация производства сахара, ибо перевес имели 4 пограничных департамента: Норд, Па-де-Калэ, Сомма и Эна с их 261 заводами и свыше 20-ти мил. кило производства. Один только департамент Норд имел 140 заводов, которые производили $12^1/_2$ мил. кило. Полная треть отечественного рынка была теперь завоевана „туземным" сахаром. Но это составляло гораздо более одной трети собственного потребления Франции, так как значительные количества колониального сахара ввозились только для того, чтобы после переработки отхлынуть при помощи рафинадных премий снова за-границу. (Эти премии достигали с 1820 г. 100 фр. за 100 кгр. и временно заменены были в 1822 г. системой drawback'a).

Дабы понять основные причины успеха Франции, в отличие от Германии, и как бы в качестве резюме всего сказанного о посленаполеоновском периоде, мы приведем следующую полную глубокого анализа цитату из новейшего труда проф. Липпмана: „История свеклы, как культурного растения".

Касаясь всего наступившего после падения Империи (1815) во Франции периода, когда считали, что сахарное производство обречено на гибель, и когда появившиеся в ближайшие годы сочинения даже Шапталя, Домбаля и др. были действительно очень кратки и сдержаны,—проф. Липпман пишет:

„Эти опасения, однако, не исполнились; напротив, промышленность смогла, несмотря на неблагоприятные условия, выдержать ближайшие 15 лет и продержаться над водой до того времени, которое, при совершенно изменившихся хозяйственных и торгово-политических условиях, пробудило ее к новому, длительному и непредвиденному расцвету. В этом решающую роль играло множество важных обстоятельств. Прежде всего, Франция вышла из Наполеоновских смут,—благодаря несогласиям и мелкой завистливости Союзников, и необычайной ловкости, с которой ее посредники сумели это использовать,—менее поврежденной и более финансово-производительной, чем почти все державы-победительницы и, прежде всего, совершенно ограбленная и высосанная Германия. Богатства почвы Франции, равно как прилежание и экономность ее жителей, сделали возможным ее сравнительно скорое восстановление; *техника, химия, пути сообщения и т. д. находились уже на высокой ступени; далеко зашедшее раздробление землевладения вследствие революции создало многочисленное сословие новых сельских хозяев, которые пытались извлечь из своей, большей частью, довольно ограниченной площади земли, возможно высокий доход;* наконец, было несколько человек, которые были охвачены настоящим энтузиазмом к сахарному производству, обладали мужеством и уверенностью, твердо решив спасти для отечества подающую такие надежды отрасль производства; в качестве самого выдающегося и преуспевшего между ними можно назвать действительно достойного восхищения Креспель-Делисса (1789—1865). *В то время, следовательно, когда в Германии слишком обедневшей, чтобы сохранить или только поддержать авансами предприятия Ахарда, Коппи и других передовых бойцов, свеклосахарное производство на полтора десятка лет совершенно исчезло с арены, оно во Франции при более благоприятных условиях осталось жить, чрезвычайно усовершенствовалось, благодаря сознательной работе интеллигентных техников и химиков, и делалось постепенно настолько зрелым, чтобы подняться до уровня крупной индустрии; это важное и для истории сахарного производства решающее достижение не может быть оценено достаточно высоко"* [1]).

[1]) См. Prof. Edmund von Lippmann: „Geschichte der Rübe (Beta) als Kulturpflanze", Berlin,

Этими вполне убедительными выводами современного величайшего авторитета в вопросах истории сахарной промышленности мы и закончим характеристику разнообразных путей возникновения и первоначального развития этой промышленности в Германии и Франции с тем, чтобы в последующих очерках перейти к освещению той же эпохи в других странах, в первую очередь в странах былой Австро-Венгрии, а затем и насколько возможно пообстоятельнее в России—Украине.

(Получена редакцией 25 марта 1928 г.)

Несколько слов об очистке трубок выпарных аппаратов.

В. П. Черникин.

За последнее время специалисты-сахарники уделяют очень много внимания вопросу механизации на сахарных заводах всякого рода работ, требующих применения физического труда. Между тем, вопрос об очистке огревательных трубок горизонтальных выпарных аппаратов и поныне остается не затронутым. Всякий работник в области сахарной техники, сталкиваясь с очисткой трубок, знает, что ручная очистка вызывает три нежелательных явления: 1) Искривление трубок, происходящее от нажимания каким либо инструментом, так как трубки лежат на опорах только своими концами. Искривление же трубок уменьшает коэффициент полезного действия поверхности нагрева, благодаря скоплению конденсационной воды в прогнувшихся местах трубок. 2) Нарушение гладкости наружной поверхности трубок инструментами, применяющимися при очистке, что способствует скорейшему отложению на трубках накипи. 3) Попадание в легкие рабочих, зачастую подростков, пыли, поднимающейся при очистке трубок и оказывающей вредное влияние на состояние здоровья подростков.

Дабы избегнуть вышеуказанных недочетов при очистке трубок вручную, могу предложить испытанный мною в прошлом году на Льговском сахарном заводе механический способ очистки трубок. С этой целью изготовляется железный барабан несколько длиннее выпарных трубок, диаметром в 500 мм. В донья барабана вставляются цапфы, на которых барабан вращается в подшипниках при помощи ременной передачи. В установленный, таким образом, барабан вкладываются трубки через отверстия в дне с цапфой свободной от шкива и, по наполнении барабана трубками до $^3/_4$ его объема, отверстие закрывается люком. Остальная же часть барабана наполняется речным песком через несколько отверстий, сделанных на образующей барабана, которые также по наполнении песком закрываются (твердость и крупность песка играют большую роль в успешности очистки). В указанный барабан вмещается до 400 штук трубок и после 6 часов вращения при 30—40 оборотах барабана в минуту—трубки совершенно очищаются от накипи, оставаясь ровными и гладкими. Вкладывать трубки необходимо совершенно сухими; точно так же должен быть сухим и песок. В противном случае, очистка становится затруднительной и происходит размазывание накипи, вследствие чего потребуется смывание грязи водой.

Применяя указанный способ механической очистки, мы достигаем таких результатов: удобства, быстроты, улучшенного качества очистки и уменьшения до 80% рабочей силы.

Кроме выпарных трубок с тем же успехом в описанном барабане возможна очистка и труб паровых котлов.

(Получена редакцией 3 марта 1928 г.)

1925, стр. 138—139. Курсив наш. Самый заключительный вывод заслуживает быть приведенным и в оригинале, а именно: „Diese bedeutsame und für die Geschichte der Zuckererzeugung ausschlaggebende Leistung kann nicht hoch genung bewertet werden".

О применении производственного рефрактометра К. Цейсса к контролю варки утфеля I-ой кристаллизации.

Инж.-техн. А. К. Карташев и Б. Г. Савинов.

Приобретенный Украинским Научно-Исследовательским Институтом Сахарной Промышленности производственный рефрактометр К. Цейсса впервые был испытан в кампанию 1926—27 г. на Дерюгинском государственном опытном сахарном заводе в применении к контролю варки рафинадного утфеля. При этом [1]) выявилась полная пригодность производственного рефрактометра к контролю станции уваривания рафинадного сиропа, и были признаны те положительные стороны его применения, которые могут способствовать уточнению контроля варки, упрощению ее приемов и возможности строго научного к ней подхода.

Испытание производственного рефрактометра для контроля варки менее доброкачественных продуктов, имеющих непостоянный состав, являлось следующей нашей задачей, разрешение которой позволило бы вывести общее суждение о степени пригодности производственного рефрактометра в сахарной промышленности. Такое испытание производилось втечение производства 1927—28 г. на Верхнячском сахарном заводе при варке утфеля I-ой кристаллизации. Производственный рефрактометр был установлен на вакуум-аппарате горизонтального типа, системы Гануша, емкостью в 2500 пудов утфеля; варка производилась парами 0 корпуса и I-го корпуса выпарки.

Производственный рефрактометр был укреплен на уровне пробного крана при помощи специально отлитой на заводе рамы. Первоначальная установка рефрактометра была неудачна, ввиду того, что рама была сконструирована так, что призма рефрактометра не выступала в середину аппарата, а находилась внутри пространства рамы, где вследствие малой циркуляции под конец варки отлагался толстый слой сахарных кристаллов; последний прекращал доступ утфеля к призме и, вследствие этого, с середины варки уже невозможно было пользоваться рефрактометром.

Конструкция рамы затем была изменена таким образом, что рефрактометр расположился наклонно, параллельно стенке вакуум-аппарата, и конец призмы рефрактометра несколько выступал в середину аппарата. Последняя конструкция также не лишена была своих недостатков: наклонное положение рефрактометра заставляло производить отсчет показаний, сидя на полу в неудобной позе. Кроме того, призма рефрактометра недостаточно глубоко вдавалась в середину вакуум-аппарата, что не позволяло ей энергично омываться циркулирующей массой.

Контроль варки рафинадного утфеля при помощи производственного рефрактометра облегчался благодаря таким обстоятельствам. Показания рефрактометра дают содержание сухих веществ в межкристалльном сиропе, то-есть, иначе говоря, для рафинадного утфеля, доброкачественность которого мы принимаем равной 100, производственный рефрактометр показывает содержание сахара в межкристалльном сиропе. При известных стандартных температурных условиях во время варки рафинада показания рефрактометра, таким образом, могут нам давать в любой момент понятие о степени пересыщения межкристалльного сиропа. Кроме того, критическое пересыщение при всех рафинадных варках начинается всегда с одного предела.

Варка менее доброкачественных продуктов, как, например, утфеля I-ой кристаллизации песочного завода, имеет целый ряд своих характерных особенностей, которые не могут не отразиться затрудняющим образом на возмож-

[1]) Н.З. т. V вып. 1, стр. 18.

ности контроля этого процесса при помощи производственного рефрактометра. Эти особенности заключаются в следующем.

Сироп, поступающий на варку утфеля I-ой кристаллизации, по своему составу может подвергаться значительным колебаниям. Колебания в концентрации этого сиропа, правда, не играют особо существенной роли, так как они могут легко обнаруживаться ареометром и влияние их может учитываться перед каждой подкачкой. При суждении же о степени пересыщения межкристаллного сиропа и, следовательно, о пределах сгущения и раскачивания утфеля может происходить ошибка от неучтения колебаний доброкачественности сиропа. Общеизвестно, что доброкачественность сиропов может колебаться не только с периодами производства, но даже при варке одного аппарата. Различное качество присутствующих несахаров, варьирующее в связи с изменением качества перерабатываемого сырья, дает также частые колебания в условиях кристаллизации сахарозы. Из вышеотмеченного вполне очевидно, что данные о содержании сухих веществ в межкристаллном сиропе, получаемые при помощи производственного рефрактометра, не могут служить при варке утфеля I-ой кристаллизации мерилом степени пересыщения в каждый данный момент, и производить варку на основании выработанной „идеализированной" кривой изменения содержания сухих веществ межкристаллного сиропа в полном объеме не представляется возможным.

Сказанное выше усугубляется еще тем, что другим препятствием к возможности правильного суждения о степени пересыщения межкристаллного сиропа в каждый данный момент варки является падение доброкачественности этого сиропа в периоде наращивания кристаллов, на которое необходимо вводить поправку при вычислении коэффициента пересыщения. Опыты показали, однако, что характер кривой падения доброкачественности межкристаллного сиропа во время варки для одного и того же вакуум-аппарата может быть в различных случаях совершенно разным, в зависимости от количества заведенного кристалла, от приема варки на жидкой, средней или густой пробе, от затруднений, встречающихся во время варки, и проч.

Самым большим затруднением, встреченным нами при варке утфеля I-ой кристаллизации с производственным рефрактометром, было запаздывание показаний последнего. Это запаздывание заключалось в том, что после прекращения очередной подкачки сиропа в вакуум-аппарат рефрактометр останавливался на конечном показании содержания сухих веществ в межкристаллном сиропе раскаченного утфеля лишь спустя 0,5—1,5 минуты после прекращения подкачки. Это обстоятельство, безусловно, необходимо отнести за счет особенностей в конструкции данного вакуум-аппарата, препятствующей быстрому перемешиванию подкачиваемого сиропа с утфелем. Весьма возможно, что при других типах вакуум-аппаратов это явление окажется значительно менее выраженным, а, может быть, и совершенно не будет иметь места; нам же пока удалось, к сожалению, испытать применение производственного рефрактометра для варки утфеля I-ой кристаллизации только на одной, описанной выше, системе вакуум-аппарата.

Наконец, последнее отрицательное явление, возникшее в процессе применения производственного рефрактометра при варке утфеля I-ой кристаллизации, было аналогичным таковому же при варке рафинадного утфеля: в последние моменты сгущения утфеля до спуска производственный рефрактометр отказывался давать среднее содержание сухих веществ в межкристаллном сиропе густого утфеля.

Таким образом, из вышеперечисленного видно, что производственный рефрактометр при варке утфеля I-ой кристаллизации не может в полной мере выполнять руководящих функций и применение его в данном случае не столь широко, как при варке рафинадного утфеля; он служит здесь больше, как вспомогательный прибор, фотографирующий протекающий процесс.

Втечение производства 1927—28 года на Верхнячском сахарном заводе

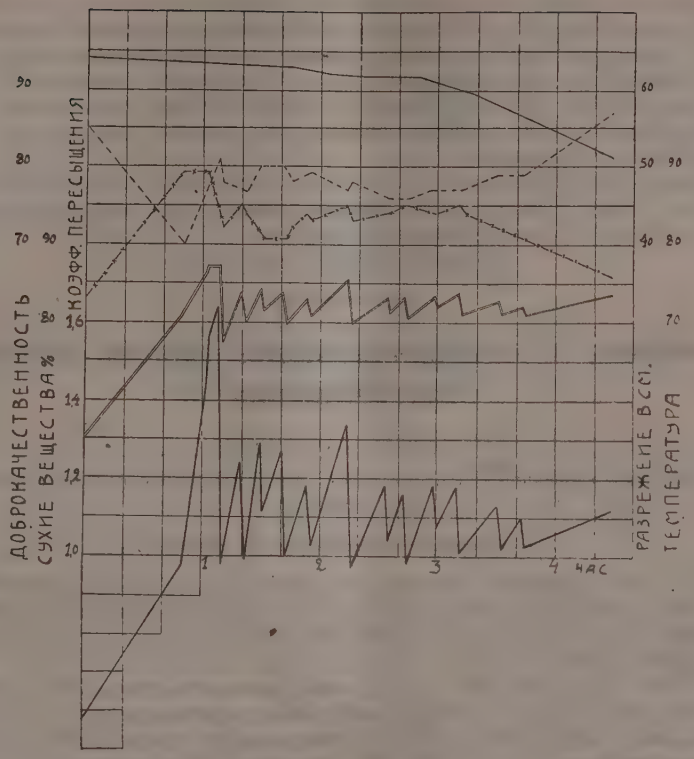
нами был произведен ряд подобных фотографий варки утфеля I-ой кристаллизации при помощи производственного рефрактометра. Во время каждой варки несколько раз исследовалась проба отжатого от кристаллов межкристаллного сиропа для определения кривой падения доброкачественности, чтобы можно было потом правильно вычислить коэффициенты пересыщения. Ниже приводятся результаты записей одной из таких варок.

Время от начала варки в минутах	Температура в вакуум-аппарате °Ц.	Разрежение в см.	Межкристаллная патока			
			Брикс по рефрактометру	Содержание сахара %	Доброкачественность	Коэффициент пересыщения
0	73	55	65,0	61,29	94,3	0.53
50	89	40	81,0	76.30	94,2	0,98
62	89	47	86,3	81,03	93,9	1,44
63	88	47	87,0	81,69	93,9	1,56
67	85	51	87,0	81,52	93,7	1,62
70	82	48	79,5	74,49	93,7	0,98
79	85	48	83,7	78,17	93,4	1,24
81	84	47	80,2	74,90	93,4	0,99
89	82	50	83,7	78,00	93,2	1,29
91	81	50	81,5	75,96	94,2	1,12
100	81	50	83,4	77,39	92,8	1,27
102	81	49	79,8	74.05	92,8	1,00
113	84	49	83,0	76,69	92,4	1,18
115	83	48	80,7	74,57	92,4	1,03
133	85	47	85	78,11	91,9	1,34
136	83	48	79,8	73,33	91,9	0,97
154	84	46	83,0	76,19	91,8	1,18
156	84	46	81,2	74,46	91,7	1,04
162	85	46	83,0	76,11	91,7	1,16
165	85	46	80,5	73,73	91,6	0,98
178	84	47	83,2	75,62	90,9	1,18
180	84	47	81,9	74,36	90,8	1,07
191	85	47	83,4	75,14	90,1	1,17
193	84	47	81,0	72,90	90,0	1,01
211	83	49	82.7	73,60	89,0	1,13
213	82	49	81,0	72,00	88,9	1,02
222	81	49	82.0	72,48	88,4	1,10
225	81	49	81,0	71.52	88,3	1,03
270	76	57	82,5	67,1	81,3	1,12

Данные, приводимые в таблице, графически изображены на диаграмме (см. стр. 67). Верхняя кривая на этой диаграмме показывает падение доброкачественности межкристаллного сиропа, вторая сверху кривая показывает изменение разрежения, третья—температуры, четвертая—сухих веществ межкристаллного сиропа и последняя, самая нижняя кривая, изображает изменение коэффициентов пересыщения межкристаллного сиропа во время варки.

Подобная фотография варки может давать полное представление о том, насколько теоретически правильно последняя была осуществлена. Так, например, в данной варке, проведенной заводским аппаратчиком с многолетним стажем, мы обнаруживаем, что четыре раза втечение варки межкристаллный сироп становился ненасыщенным без всяких на то уважительных причин, как, например, с целью растворения „муки". Вполне очевидно, что подобные явления ненормальны для правильного хода процесса и влекут за собой отрицательные последствия, как в отношении продолжительности варки и расхода пара, так и в отношении качества получаемого сахара и пр.

Фотографируя процесс варки при помощи производственного рефрактометра, можно легко обнаружить подобные ненормальности и соответственно их корректировать; производственный рефрактометр в таких случаях может оказаться незаменимым.



Необходимо отметить существенное преимущество производственного рефрактометра по сравнению с остальными контрольными приборами, основанными на измерениях температуры и разрежения, как то: брасмоскоп, линейка Дохленко, прибор Клаассена и др., заключающееся в том, что показания его не зависят от повышения температуры кипения утфеля вследствие повышения столба кипящей массы в периоде варки, так как при отсчете показаний рефрактометра важна лишь температура омывающего призму утфеля, измеряемая термометром, расположенным рядом с призмой прибора.

Все сказанное выше об опытах применения производственного рефрактометра для контроля варки утфеля I-ой кристаллизации можно вкратце резюмировать следующими положениями:

1. При варке утфеля I-ой кристаллизации показания рефрактометра (сухие вещества межкристалльного сиропа) не могут нам давать в любой момент варки точного представления о степени пересыщения межкристалльного сиропа увариваемого утфеля благодаря непостоянству состава последнего. Качество же присутствующих в сиропе несахаров, с другой стороны, может в значительной степени изменять те условия, при которых производится заводка кристалла и дальнейшее его наращивание. Так, например, заводка кристалла при варке утфеля I-ой кристаллизации, по нашим наблюдениям, производилась при одной температуре при сгущении в разных случаях до различных бриксов, в противоположность варке рафинадного утфеля, где кристалл при одной температуре заводился всегда при одинаковом бриксе. Эти обстоятельства не дают нам возможности определять при помощи производственного рефрактометра ответственные моменты варки: заводку кристалла, начало и конец каждой подкачки.

2. При испытании производственного рефрактометра на вакуум-аппарате описанной выше системы наблюдалось запаздывание показаний рефрактометра.

3. В последние минуты варки производственный рефрактометр не может давать показаний, соответствующих общему состоянию увариваемой массы.

4. При помощи производственного рефрактометра можно легко фотографировать процесс варки и на основании полученных результатов судить о правильности ее протекания.

5. Накопленного опыта по применению производственного рефрактометра к контролю варки утфеля I-ой кристаллизации еще недостаточно, чтобы выводить какие-либо обобщающие заключения.

(Получена редакцией 9 мая 1928 г.)

К вопросу о консервировании свеклы путем ее высушивания

Инж.-техн. Г. С. Бенин.

(Из Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности)

3-ье сообщение [1])

О хранении высушенной свеклы.

Как мы уже указывали, вопрос о хранении сухой свеклы является весьма важным, ибо свекла консервируется посредством высушивания для того, чтобы в дальнейшем она могла сохраняться без разложения сахара втечение продолжительного времени.

В Италии, где проблема высушивания свеклы получила уже практическое применение, сухая свекла хранится на складах, причем высота слоя составляет 10-12 мт. (завод в Сангвинетто). По свидетельству проф. И. Якушкина [2]), лично ознакомившегося с некоторыми заводами, работающими на высушенной свекле в Италии, сухая свекла с содержанием влаги около 5% становится материалом постоянного состава и она может храниться практически неограниченное время. Грибковое и бактериальное разложение сахара отсутствует и его содержание остается неизменным, что обуславливается стерилизацией материала и „корнификацией" белковых веществ, которые утратили свою гигроскопичность. „При таких условиях признается вероятным, пишет проф. Якушкин, что даже поглощение свеклой воды до 8-10% окажется вполне безопасным для ее хранения. В действительности поглощение воды при хранении охватывает только самые поверхностные слои."

F. Wiechmann [3]) производил опыты над хранением сухой свеклы в нормальном ее состоянии и в прессованном виде. Для опытов автором были приготовлены два пакета. Пакет А, состоящий из картонного ящика, в котором свободно лежала сухая свекловичная стружка, и пакет В, в котором находились брикеты из сухой стружки, полученные на прессе под давлением 1190 фунтов на кв. фут. Один кб. фут прессованной таким образом стружки весил 21,1 фунт. Оба пакета хранились на цементном полу фабрики. Результаты опытов сведены в таблице 1 (см. стр. 70).

На основании этих опытов автор приходит к заключению, что втечение 100 дней хранения потери сахара не наблюдалось. Разница же между начальным и конечным содержанием сахара в 0,2% лежит в пределах точности определения сахара.

---

[1]) 1-ое сообщение: Н. З. т. IV, стр. 253; 2-ое сообщение: Н. З. т. V, стр. 49.

[2]) Б. № 11, стр. 63 и № 12, стр. 60 за 1927 г. Анализ сухой свеклы завода Сангвинетто, привезенной проф. Якушкиным, по нашим исследованиям был следующий:
Влажность — 8,14%; Сахара — 62,36%; Редуц. веществ в %% инв. сх. — 0,88%.

[3]) Z. 1915, 597.

Таблица 1.

	Вес пакета фунт.	Воды %	Сахара %	Сахара на 100 частей сухих вещ.	Инвертного сахара	Максимум температ. °F	Минимум температ. °F	Средняя влажность воздуха %
Пакет А								
К началу опыта . . .	86,5	8,56	66,40	72,62	нет	—	—	—
После 36 дней хранения	90,5	10,90	64,40	72,28	„	58	32	77,5
„ 69 „ „	89,0	10,91	64,80	72,73	„	56	34	72,25
„ 100 „ „	89,0	10,88	64,80	72,71	„	65	40	68,36
Пакет В								
К началу опыта	208,0	12,35	64,00	73,02	нет	—	—	—
После 39 дней хранения	213,5	13,61	63,20	73,16	„	—	—	—
„ 69 „ „	210,0	11,36	64,80	73,11	„	—	—	—
„ 100 „ „	208,0	10,50	65,20	72,82	„	—	—	—

К. Бычков и М. Гарденин[1]) приводят небольшие опыты по выяснению гигроскопичности сухой свеклы. В результате этих опытов выяснилось, что на пробах сухой свеклы, помещенных в пространство с максимальной относительной влажностью, приблизительно на 12-ый день замечается появление плесени; при этом содержание влаги составляло 30%.

Так же непродолжительные опыты B. Owen'a[2]) над хранением сухой свеклы втечение двух недель в лабораторной обстановке показали, что поглощение влаги и накопление инвертного сахара весьма незначительно.

Наблюдения проф. Herzfeld'a[3]) над изменением содержания сухого вещества в процессе хранения сухой свеклы втечение полугода показали, что количество сухого вещества изменяется весьма незначительно.

Необходимо отметить, что вопрос о хранении сухой свеклы не может быть полностью изучен в лабораторной обстановке, ибо такие моменты, как высота слоя свеклы, общее количество ее, собранное в виде одного штабеля или кучи и т. д., могущие влиять на характер хранения, в указанных условиях достигнуты быть не могут.

Нами были поставлены опыты хранения сухой свеклы, причем одна проба хранилась в лаборатории, где температура колебалась в пределах от 10° до 20°; вторая проба хранилась в наружном холодильнике, где последняя подвергалась таким же изменениям температуры и влажности, как и наружный воздух, но в то же время была защищена от действия атмосферных осадков. В каждой пробе было ~ 1 кгр. сухой свеклы. Через полгода и через год от начала хранения свекла подвергалась анализу. Полученные результаты сведены в таблице 2. Температура и влажность наружного воздуха, средние по месяцам, приведены в таблице 3. После годового хранения на пробах не наблюдалось образования плесени и пробы имели вполне нормальный вид.

Как видно из таблицы 2, проба, хранившаяся в лаборатории втечение полугода и года, не претерпела существенного изменения в отношении количества сахара. Свекла, хранившаяся в холодильнике, через полгода имела влажность 8,56%, против первоначальной 5,22%. Содержание сахара на 100 частей сухого вещества уменьшилось на 0,33%; количество инвертного сахара увеличилось (на 100 ч. сух. вещ.) на 0,08%. Втечение второй половины своего хранения (сентябрь 1927 г. — февраль 1928 г.) свекла по своему составу изменилась более существенно; количество влаги возросло до 13,14%, количество сахара уменьшилось на 0,8%, по сравнению с первоначальным количеством, а содержание инвертного сахара увеличилось на 0,17%. Следовательно, более повышенная влажность способствовала и большему разложению сахара.

[1]) С. 1927. № 9, 56.
[2]) Б. Г. Савинов.-Новое в вопросе о работе на сушеной свекле. Н. З. т. VI, стр. 10.
[3]) Z, 1902, 1034.

Таблица 2[1]).

	Хранение в лаборатории			Хранение в холодильнике		
	Начало хранения 13. II. 1927 г.	Через полгода хранения 5. IX. 1927 г.	Конец хранения 4. II. 1928 г.	Начало хранения 5. II. 1927 г.	Через полгода хранения 2. IX. 1927 г.	Конец хранения 3. II. 1928 г.
Сахар . . . . . %	63,60	61,84	63,64	66,07	63,44	59,85
Инвертный сахар . . . %	1,65	—	1,56	0,45	0,51	0,56
Влажность . . . . . %	5,21	7,37	4,97	5,22	8,56	13,14
Сухие вещества . . . . %	94,79	92,63	95,03	94,78	91,44	86,86
Сахара на 100 ч. сух вещ. .	67,09	66,76	66,96	69,70	69,37	68,90
Инвертн. сах. на 100 ч. сух. вещ.	1,74	—	1,64	0,47	0,55	0,64

Таблица 3[2]).

Месяцы	Средняя температура	Средняя относительная влажность %	Месяцы	Средняя температура	Средняя относительная влажность %
Февраль 1927 г.	—6,4	—	Август 1927 г.	20,3	75
Март „	1,7	77	Сентябрь „	8,7	80
Апрель „	7,4	76	Октябрь „	16,3	74
Май „	13,0	72	Ноябрь „	1,4	81
Июнь „	20,1	68	Декабрь „	—9,3	82
Июль „	20,7	70	Январь 1928 г.	—5,4	83

Количество влаги, поглощаемое сухой свеклой при хранении, зависит от относительной влажности окружающего воздуха, что видно из сопоставления данных таблицы 2 и таблицы 3. При хранении в холодильнике втечение первой половины года, когда относительная влажность колебалась в пределах 68—77%, содержание влаги в свекле составляло 8,56%. Во второй половине года относительная влажность воздуха, в среднем, значительно возросла против первой половины и колебалась в пределах 74—83%; количество влаги в свекле также увеличилось до 13,14%.

Одна проба сухой свеклы хранилась втечение пяти недель также в холодильнике при весьма меняющейся температуре и влажности воздуха, причем количество влаги не увеличилось более 9,39%, как это видно из следующих данных опыта.

Влажность сухой свеклы до хранения (1. IV. 28 г.) . . . 6,22%
„ „ „ после „ (7. V. 28 г.) . . . 9,39%
Колебания относительн. влажности воздуха (по средним за десятидневия) . . . . . 58,4—78%
Колебания температуры (по сред. за десятидн.) . +2,4 — +11,8°

Таким образом, из приведенного материала видно, что несмотря на то, что проба свеклы, находившаяся в холодильнике, подвергалась втечение года весьма значительным изменениям температуры (от —9,3° до +20,7°) и влажности воздуха (от 68 до 83%), количество влаги не увеличилось более 13,14%,

[1]) Пробы сухой свеклы после хранения были исследованы в лаборатории сырья, при котором образцы свеклы были выдержаны в стерильных условиях при температуре 19—30°. Через 4 дня было замечено выступление черных, блестящих, мокрых пятен бактериоза, а еще через 2—3 дня вся стружка была покрыта плесневыми грибками из родов: Mucor, Penicillium, Aspergillus и Cladosporium. Таким образом, после хранения в различных условиях (лаборатория и холодильник) при соответствующих условиях появляются одни и те же грибки.

[2]) По данным метеорологической станции К.С.Х.И.

а потеря сахара за весь период хранения составила около 0,2% по весу сырой свеклы, что указывает на высокую стойкость сухой свеклы при хранении.

Из приведенных цифр можно было бы сделать вывод, что высушивание свеклы достаточно вести до содержания влаги в сухой свекле 8—9%, а не до 3—5%, так как в дальнейшем будет происходить поглощение влаги из воздуха, но практика итальянских заводов показала, что увеличение влажности свеклы, при хранении ее в больших буртах, происходило только в поверхностном слое, во внутренних же местах бурта влажность изменяется весьма незначительно. Выяснение этого вопроса возможно провести только в заводских условиях.

(Получена редакцией 11 мая 1928 г.)

От Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности.

Сахарная промышленность за время своего существования накопила богатейшую литературу и в настоящее время обслуживается большим количеством специальных газет и журналов на разных языках. Периодическая специальная печать непрерывным потоком вливает в сокровищницу сахарной литературы все новые и новые ценности по всем вопросам химии, техники, агрономии и экономики сахарной промышленности. Научно-исследовательская мысль деятелей сахарной промышленности, завоевывая все новые области, питается трудами своих предшественников, используя весь накопленный научный материал, как основную базу, откуда она постоянно продвигается вперед. Без предварительного овладения этим материалом изучение или исследование какого либо явления может оказаться ненужным и бесплодным. Эта предварительная работа требует слишком много времени и не всегда дает должный эффект. Исследователю приходится хотя бы бегло просматривать громадные количества книг и журналов, притом на разных языках. Даже при возможности пользоваться богатой библиотекой обилие и разбросанность литературного материала создает всегда опасность пропустить именно то, что достойно внимания.

На помощь научному работнику должны притти периодические сборники и указатели литературы, где, наряду с указанием источников, кратко и ясно реферированы все главнейшие работы, вышедшие в свет за определенный промежуток времени. Таких сборников по литературе сахарной промышленности имеется на немецком языке два: Vademekum Gröger'a и Jahres-Bericht, основанный в 1860 г. Штаммером. Первый сборник вышел в трех книгах. Книга первая обозревает литературу за период 1850—1900 г.г., вторая — дает обзор литературы за период 1901—1905 г.г., а третья — за период 1906—1910 г.г. Ежегодные сборники Штаммера выходили аккуратно втечение свыше 50-ти лет до 1911 г. включительно. Таким образом, в настоящее время не только отсутствует сборник литературы за пятнадцатилетний период 1912—1927 г.г., но и нет периодических ежегодников по систематизации текущей литературы, которая получила особое развитие в связи с общим оживлением научно-исследовательской деятельности у нас и заграницей.

Киевская Научно-Исследовательская Кафедра по Сахарной Промышленности с первого же года своего существования считала своим долгом заполнение по мере возможности указанного пробела, особенно чувствительного в наших условиях отдаленности заводов от культурных центров. Уже в 1924 г. кафедра издала „Новости в науке и технике", куда вошел обзор литературы по производству сахара за период 1914—1923 г. г. После этого упомянутая кафедра, а затем и Институт Сахарной Промышленности публиковали литературные обзоры и сборники в виде монографий, посвященных отдельным вопросам химии и техники сахарного производства. Выпущены монографии

по следующим вопросам: 1. Активные угли и применение их в сахарной промышленности. 2. Кормовые патоки. 3. Гидравлические транспортеры. 4. Гидросульфиты.

Но все перечисленные работы не разрешают основного вопроса по собиранию и систематизации материала из текущей периодической литературы. Идя навстречу чрезвычайно назревший необходимости, Совет Института постановил организовать издание систематических ежегодных сборников — обзоров текущей литературы за определенный календарный год. Основным материалом для такого издания будут служить все доступные нам журналы и выходящие отдельными изданиями сборники трудов по химии, технике, агрономии и экономике сахарной промышленности. Каждая работа имеет быть реферирована по возможности сжато и кратко с тем, чтобы сущность и результаты работы были полностью выявлены. Само собою разумеется, что наиболее выдающиеся труды будут представлены в более подробных рефератах.

План ежегодных сборников намечен следующий:

Часть I. Агрономия.

„ II. Технология и Химия.

„ III. Экономика и Статистика.

Совет Института, выделив для данной цели специальную Комиссию, поручил ей теперь же приступить к составлению Сборника по обзору литературы за истекший 1927 г., с тем, чтобы этот сборник был выпущен в свет в настоящем же 1928 г. Каждый год должен выходить сборник литературы за соответствующий предшествующий год. Если интеллектуальные и материальные силы позволят, то представляется весьма целесообразным давать обзоры литературы и за более ранние годы.

В настоящий момент уже приступлено к подготовительным работам по собиранию и систематизации материалов для издания обзора литературы за 1927 год.

Хроника.

По поручению Правления Сахаротреста и Ц. К. Сахарников Украинским Научно-Исследовательским Институтом Сахарной Промышленности были проведены с 23.IV.28 по 4.V.28 г. курсы по переподготовке варщиков рафинадных заводов. Курсы были организованы на Краснозвездинском рафинадном заводе (г. Сумы). На курсы было командировано 14 варщиков с 13-ти рафинадных заводов. Всего с местными Краснозвездинскими аппаратчиками было на курсах 24 варщика. Курсантам были показаны и во время практических занятий усвоены ими способы варки рафинада, построенные на научном обосновании процессов, протекающих в аппарате во все время варки. Усвояемость этих простых способов и приемов варки, лишенных ненужных, порой ни на чем не обоснованных, приемов „старых мастеров“, была хорошая. Учебным планом курсов предусматривалось и было проведено основательное знакомство курсантов с началами теории и технологии сахарного и рафинадного производства. Курсы прошли в самой благоприятной атмосфере дружеского объединения научно-исследовательской работы Украинского Института Сахарной Промышленности с рационализацией процессов и труда в рафинадном производстве, предпринятыми отделом экономики труда при Правлении Сахаротреста. Курсанты после испытаний в специальной комиссии получили соответствующие удостоверения. Необходимо особо отметить в высшей степени благожелательное и содействующее отношение к курсам со стороны администрации Краснозвездинского рафинадного завода.

На 106-м публичном заседании Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности проф. М. С. Философов сделал доклад на тему „Строение сахарозы и биологические процессы“. В своем докладе (подробное содержание см. статью проф. М. С. Философова на эту тему в ближайших номерах Научных Записок) автор остановился на строении сахарозы, полное познание которого необходимо для правильного понимания целого ряда производственных процессов и химических явлений, имеющих место во время производства, как, например, соединение и расщепление сахарозы и несахаров, образование патоки и т. д.

107-ое публичное заседание Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности было посвящено заслушанию и обсуждению доклада инж. И. И. Чернобыльского на тему: „О рентабельности установки водяных экономайзеров на сахарных заводах“. Докладчик развивает ту мысль, что в условиях непродолжительной работы наших свеклосахарных заводов экономически нет смысла включать в котельную установку водяные экономайзеры. Значительно выгоднее использовать температуру отходящих газов для подогрева воздуха, поступающего под колосники паровых котлов (воздушные экономайзеры), или же использовать горячие газы для высушивания жома и т. п.

SCHEIBLER, DRELING & C°, G. m. b. H.

MASCHINENFABRIK FÜR DIE ZUCKERINDUSTRIE
in AACHEN.

ШЕЙБЛЕР, ДРЕЛИНГ и К° в Аахене

МАШИНОСТРОЕНИЕ ДЛЯ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

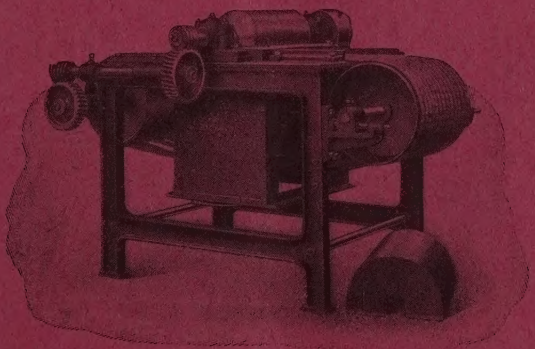
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: ОБОРУДОВАНИЕ И ПЕРЕУСТРОЙСТВО
КОЛОЧНЫХ И РАСПИЛОВОЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ
РАФИНАДНЫХ ЗАВОДОВ

ЗАМЕНА РУЧНОЙ КОЛКИ

МЕХАНИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КОЛКИ И УПАКОВКИ
РАФИНАДА В ЯЩИКИ И ПАЧКИ

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РАБОТА!

МЕШОЧНЫЕ ФИЛЬТРЫ **ШЕЙБЛЕРА** ДЛЯ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО
ДАВЛЕНИЯ С ПОЛНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ ВСЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
ФИЛЬТРАЦИИ



Станок для распиловки кружков (о 18 пилах) с цепным транспортером.

Все справки, запросы и пр. (и на русском языке) просим направлять
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО по адресу:

ОБЪЕДИНЕНИЕ ГЕРМАНСК. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ САХАРН. ПРОМЫШЛЕННОСТИ и связанных с ней отраслей

VERKAUFS-GEMEINSCHAFT DEUTSCHER MASCHINENFABRIKEN zur Belieferung der Zuckerindustrie und verwandter Gebiete

BERLIN, N. W. 7, Universitätstr. 3b
Для телеграмм: **Zuckertechnik BERLIN**

При заказах просьба ссылаться на „НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ".

УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОБЪЯВЛЯЕТ

КОНКУРС

НА ЛУЧШУЮ ОРИГИНАЛЬНУЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ РАБОТУ, ВЫПОЛНЕННУЮ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОБСТАНОВКЕ СОТРУДНИКОМ САХАРНОГО ЗАВОДА И ОПУБЛИКОВАННУЮ В

шестом томе Научных Записок

Тема работы может преследовать разрешение теоретических или практических задач и относиться к любой отрасли знания в области сахарной промышленности: агрономии, технологии, экономики, организации труда, производства и пр. Изобретения, а также всякого рода улучшения в конструкциях оборудования и схемах производственного процесса, конкурируют на премию наравне с экспериментальными работами

Для присуждения премий будет организована специальная комиссия

РАЗМЕР ПРЕМИЙ:

I-ая – 250 р. II-ая – 150 р. III-ья – 100 р.

Лица, которым будут присуждены премии, получат также БЕСПЛАТНО седьмой том Научных Записок со всеми приложениями

Рукописи просьба направлять в редакцию Научных Записок по Сахарной Промышленности: КИЕВ, Институт Сахарной Промышленности

Результаты конкурса будут опубликованы в последнем выпуске ШЕСТОГО ТОМА Научных Записок и премии выплачены немедленно после их присуждения.

На конкурсе работ, опубликованных в V томе, премии присуждены следующим работникам сахарных заводов:

I-ая (250 руб.) Л. О. ШНАЙДМАНУ, II-ая (150 руб.) разделена между Б. А. ЛЯСКО и П. К. ЩЕРБИНА и III-ья (100 руб.) разделена между П. Р. ЧЕЧЕЛЕМ и Ф. Г. КОЧУБЕЕМ

Все статьи, публикуемые в Научных Записках, оплачиваются авторским гонораром в размере 80 руб. за печатный лист

Кроме гонорара, автор получает 50 отдельных оттисков статьи в обложках.

Київськ. Окрліт Ч. 361 Друк. КПІ З. 1696—1000.